

Управління режимами об'єднаної електроенергетичної системи з використанням значень фазових кутів вузлових напруг

Управление режимами объединенной электроэнергетической системы с использованием значений фазовых углов узловых напряжений

Interconnected power system control by using of the phase angles values of the nodal voltages

1. **Номер державної реєстрації теми - 0108U001439.**

2. **Науковий керівник** – д.т.н., проф. Яндульський О.С., Яндульский А.С., Yandulskyy Alexandr S.

3. **Суть розробки, основні результати.**

Укр.

Використання системи управління, алгоритми роботи якої базуються на синхронно вимірних значеннях фазових кутів вузлових напруг, надасть можливість не тільки підвищити надійність управління в ustalених режимах роботи енергосистеми, а і, на основі аналізу в режимі реального часу аварійного та післяаварійного режимів, зокрема, дозволить зменшити час перехідного процесу та забезпечить запобігання розвитку асинхронного режиму.

Розроблені математичні моделі елементів енергосистеми дозволяють оцінити ефективність векторного керування на основі значень фазових кутів та вузлових напруг в різних режимах роботи енергосистеми. Зокрема, дослідження функціонування систем автоматичного керування на станційних та мережевому рівнях управління дозволить виконати налаштування параметрів регуляторів з метою забезпечення заданих показників перехідних процесів.

Проведено аналіз інформаційних потоків та часу розсинхронізації вимірів для існуючих систем управління. На основі проведеного аналізу визначені умови, при виконанні яких забезпечуються мінімальні похибки та затримки при синхронізації та передачі сигналу в систему керування. Встановлено, що за умови синхронізації пристроїв вимірювання по існуючих в енергосистемах каналах зв'язку за протоколами обміну, час розсинхронізації та похибка вимірювання кута досягають 46 мс та 826 градусів відповідно. Також встановлено, що при передачі інформаційних сигналів на верхній рівень керування по існуючих в енергосистемах каналах зв'язку затримка досягає 58 мс, що додатково до часу розсинхронізації робить систему керування неефективною. За результатами проведених досліджень запропоновано використовувати синхронізацію за технологією GPS (час розсинхронізації та похибка кута – 0,03 мс, 0,5 градусів відповідно) та передачу сигналу на верхній рівень керування по оптичних каналах зв'язку (затримка 0,07 мс).

Удосконалений закон регулювання частоти та активної потужності з використанням змінного коефіцієнту коригування перетоку у законі регулювання системи автоматичного регулювання частоти та активної потужності у випадку паралельної роботи об'єднаної енергосистеми України з Єдиною енергетичною системою Росії, що дозволить зменшити час перехідного процесу, а також відхилення перетоків активної потужності міжсистемними лініями зв'язку.

Розроблено метод регулювання режимами роботи об'єднаної енергосистеми в аварійному та післяаварійному режимах з використанням значень фазових кутів та виконано синтез системи керування з використанням значень фазових кутів.

Рос.

Использование системы управления, алгоритмы работы которой основаны на синхронно измеренных значениях фазовых углов узловых напряжений, позволит не только повысить надежность управления в установившихся режимах работы энергосистемы, но и, на основе анализа в режиме реального времени аварийного и послеаварийного режимов, позволит уменьшить время переходного процесса, предотвратить развитие асинхронного режима.

Разработанные математические элементы элементов энергосистемы позволяют оценить эффективность векторного управления на основе значений фазовых углов и узловых напряжений в различных режимах работы энергосистемы. В частности, исследование функционирования систем автоматического управления на станционных и сетевом уровнях управления позволят настроить параметры регуляторов с целью обеспечения заданных показателей переходного процесса.

Выполнен анализ информационных потоков и времени рассинхронизации измерений для существующих систем управления. На основе выполненного анализа определены условия, при выполнении которых обеспечиваются минимальные погрешности и задержки при синхронизации и передаче сигнала в систему управления. Установлено, что при условии синхронизации по существующим в энергосистемах каналам связи по протоколам обмена, время рассинхронизации и погрешность измерения угла достигают 46 мс и 826 градусов соответственно. Также установлено, что при передаче информационных сигналов на верхний уровень управления по существующим в энергосистемах каналам связи задержка составляет 58 мс, что обуславливает неэффективность системы управления.

На основе результатов проведенных исследований предложено осуществлять синхронизацию с использованием технологии GPS (время рассинхронизации и погрешность угла – 0,03 мс, 0,5 градусов соответственно) и передачу сигналов на верхний уровень управления по оптоволоконным каналам связи (задержка 0,07 мс).

Усовершенствован закон регулирования частоты и активной мощности с использованием переменного коэффициента коррекции перетока по частоте в случае параллельной работы объединенной энергосистемы Украины с Единой энергетической системой России. Это позволит уменьшить время переходного процесса, а также отклонения перетоков активной мощности по межсистемным линиям связи.

Разработан метод регулирования режимами работы объединенной энергосистемы в аварийном и послеаварийном режимах с использованием значений фазовых углов.

Англ.

The usage of the control system which is based on synchronously measured phase angles values of the nodal voltages will improve control reliability in load flow, decrease the transient time and prevent the asynchronous mode beginning.

The mathematical models of the power system elements are developed which allow evaluating the effectiveness of the vector control on the basis of phase angles and nodal voltages in different power system states. In particular, the research of the station and network control systems will allow adjusting the regulator parameters to provide the desired transient quality.

The analysis of the information traffic and unsynchronization time has been done. On basis of the research the conditions are determined which allow minimizing the accuracy of angle measurements and time delays during the synchronization in the event of using the existing communication channels. It was established that the unsynchronization time and accuracy of angle measurement are 46 ms and 836 degrees respectively. It was also established that time delay is 58 ms when the information signals are transmitted to upper control level.

On the basis of the undertaken studies it's proposed to synchronize by using GPS-technology (unsynchronization time and accuracy of angle measurements are 0.03 ms and 0.5 degrees respectively). In this case time delay is 0.07 ms.

The control criterion of AGC-system is improved by using the variable K-factor in the event of interconnected operation of Ukrainian and Russian interconnections. This will allow decreasing the transient time as well as power flow errors.

In the event of interconnected power systems control methods are developed in which the phase angle values are used.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності

5. Порівняння зі світовими аналогами

Результати відповідають світовому рівню. Отримані результати в цілому, дозволять впроваджувати ресурсозберігаючі технології в енергетику України, що дозволить покращити якість електроенергії, зекономити енергоресурси та сировину, а також зменшити знос обладнання.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

7. Потенційні користувачі

Результати розробок можуть бути впроваджені в Державному підприємстві «Національна енергетична компанія „Укренерго”, Інституті електродинаміки Національної академії наук України та в Інституті проблем моделювання в енергетиці Національної академії наук України.

8. Стан готовності розробки. Розроблені методи та алгоритми системи управління, що використовують значення фазових кутів вузлових напруг, які дозволять підвищити ефективність управління режимами ОЕС України та надійність її роботи.

9. Існуючі результати впровадження

Основні положення роботи впроваджені у навчальному посібнику «Автоматичне регулювання частоти та перетоків активної потужності в енергосистемах» та в нових розділах «Регулювання режимами енергосистеми з використанням кутів фазових напруг», «Швидкісна передача даних в електроенергетиці», «Системи управління в електроенергетиці» у курсах «Автоматизація електричних систем», «Автоматизоване та автоматичне управління в енергосистемах» та «Інформаційно-управляючі технології в електроенергетиці».

10. Назва підрозділу, телефон, e-mail

НТУУ «КПІ», факультет електроенерготехніки та автоматики, кафедра автоматизації енергосистем, 406-82-36, kafedra_ae@fea.kpi.ua.

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання:

1. Яндульський О.С., Стелюк А.О. Моделювання системи автоматичного регулювання частоти та потужності ОЕС України в режимі її паралельної роботи з ЄЕС Росії // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск «Проблеми сучасної електротехніки» – 2008. – Ч. 5. – С. 9-12.
2. Яндульський О.С., Лукаш М.П., Стелюк А.О. Дослідження спільної роботи теплових та гідравлічних електростанцій у складі системи АРЧП ОЕС України // Збірник наукових праць Донецького національного технічного університету. Серія «Електротехніка і енергетика». – 2008. - № 8 (140). – С. 92-94.

3. Ковальчук О.В., Коваленко І.О., Тимохін О.В., Димко С.С. Цифровий контролер струму збудження навантажувальної машини/ Тематичний випуск "Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія й практика" науково-технічного журналу "Електроінформ" - Львів: ЕКОінформ, 2009 - С.255-257.
4. Павловський В.В., Стелюк А.О., Макогончук В.С., Левконюк А.В. Моделювання роботи автоматичного регулятора збудження генератора та статичного тиристорного компенсатора в динамічних режимах // Енергетика та електрифікація. – 2009. - № 3. – С. 30-33.
5. Яндульський О.С. Дослідження системи управління інтелектуального дому з відновлювальними джерелами енергії // Відновлювальна енергетика. – 2009. – № 4. – С. 21-26.
6. Стелюк А.О., Зайченко В.Б., Павловський В.В., Лук'яненко Л.М., Макогончук В.С. Ідентифікація та класифікація «критичних місць за напругою» в енергосистемах на базі моделювання режимів за принципом «N-1» // Енергетика та електрифікація. – 2010. - № 6 (322). – с. 10-13.
7. Стелюк А.О., Яндульський А.С., Зайченко В.Б. О необходимости моделирования системы АРЧМ при автоматизации расчетов «N-1» // Электрические сети и системы. – 2010. – № 3. – С. 58-64.
8. Ущатовський К.В., Зайченко В.Б., Павловський В.В., Лук'яненко Л.М., Теличко Р.К., Стелюк А.О. «Вузькі місця» за напругою та планування резервів з реактивної потужності в ОЕС України // Новини енергетики. – 2010. - № 6. – с. 38-45.
9. Яндульський О.С., Дмитренко О.О., Заколюдажний В.В., Настенко Д.В. Автоматична багаторівнева система збору та передачі інформації від МП РЗА різних виробників // Промелектро. – 2010. – № 2. – С. 14-18.
10. Яндульський О.С., Стелюк А.О., Лукаш М.П. Моделювання системи автоматичного регулювання частоти та потужності об'єднаної енергосистеми з регулюючими енергоблоками теплових електростанцій // Технічна електродинаміка. Тем. вип. «Проблеми сучасної електротехніки» – 2010. – Ч. 3. – С. 48-52.
11. Яндульський О.С., Дмитренко О.О., Заколюдажний В.В., Настенко Д.В., Тимохін О.В. Автоматична багаторівнева система збору та передачі даних від відновлювальних джерел енергії / Матеріали XXI Міжнародної науково-технічної конференції «Відновлювальна енергетика XXI століття». – С. 113-114.

Підручник з грифом Міністерства освіти і науки України

1. Яндульський О.С., Заболотний І.П., Кобозев В.П. Автоматичне регулювання в електричних системах. – Донецьк: Ноулідж, 2010. – 189 с.

Навчальний посібник з грифом Міністерства освіти і науки України

1. Яндульський О.С., Стелюк А.О., Лукаш М.П. Автоматичне регулювання частоти та перетоків активної потужності в енергосистемах. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 90 с.

Участь у конференціях:

1. Десята міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми сучасної електротехніки-2008» (1-4 червня 2008 р., м. Київ).
2. Науково-технічна конференція «Проблемні питання розвитку енергетики та реалізації Енергетичної стратегії України на період до 2030 року» (8-11 вересня 2008 р., смт. Миколаївка, АР Крим).

3. IV міжнародна науково-технічна конференція «Керування режимами роботи об'єктів електричних систем-2008» (15-18 жовтня 2008 р., м. Донецьк).
4. X Ювілейна міжнародна науково-технічна конференція «Відновлювальна енергетика XXI століття» (14-18 вересня 2009 р., смт. Миколаївка, АР Крим).
5. XI Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми сучасної електротехніки-2010» (1-3 червня 2010 р., м. Київ, Україна).
6. Міжнародна науково-технічна конференція «Силова електроніка та енергоефективність» (20-25 вересня 2010 р., м. Алушта, Україна).
7. XXI Міжнародна науково-технічна конференція «Відновлювальна енергетика XXI століття» (13-17 вересня 2010 р., АР Крим)