**Танкевич Євгеній Миколайович. Первинні вимірювальні канали систем комплексної автоматизації електроенергетичних об'єктів: дис... д-ра техн. наук: 05.14.02 / НАН України; Інститут електродинаміки. - К., 2004**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Танкевич Є.М**. **Первинні вимірювальні канали систем комплексної автоматизації електроенергетичних об’єктів. - Рукопис.**  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи. - Інститут електродинаміки НАН України, Київ, 2004.  Дисертація присвячена проблемі створення первинних вимірювальних каналів струму та напруги систем комплексної автоматизації електроенергетичних об’єктів, які будуються на основі мікропроцесорної технології, єдиного інформаційного забезпечення і функціонують в темпі електромагнітних процесів в їх первинних колах.  В роботі отримали подальший розвиток математичне та фізичне моделювання високовольтних первинних і вторинних вимірювальних перетворювачів струму та напруги і методи їх випробувань, методи оцінювання і коригування похибок первинних вимірювальних каналів та їх компонентів. Вперше розроблена і реалізована цифрова технологія синхронних вимірювань усього спектру електричних величин, необхідних для диспетчерського та комерційного управління енергосистемою. На цій основі розроблено і побудовано ряд засобів інформаційного забезпечення систем управління електроенергетичними об’єктами, які відповідають світовим тенденціям розвитку електротехніки і техніки управління в електроенергетиці. | |
| |  | | --- | | В дисертаційній роботі розв’язана важлива для економіки країни науково-технічна проблема розробки та побудови ПВК струму та напруги для сучасних СКА ЕЕО, створюваних з застосуванням цифрової техніки і функціонуючих на базі єдиного інформаційного забезпечення в темпі реальних процесів в їх первинних колах. В результаті виконаних досліджень здійснено розвиток математичного і фізичного моделювання ВП струму та напруги і методів їх випробувань, методів оцінювання та коригування похибок ПВК і їх компонентів, розробку цифрової технології синхронних вимірювань усього спектру електричних величин, необхідних для диспетчерського та комерційного управління енергосистемами. На цій основі побудовано та впроваджено ряд перспективних засобів одержання та обробки інформації про параметри режимів ЕЕО для їх СКА. Отримані в роботі результати складають основу підвищення рівня та якості інформатизації ЕЕО, технічної досконалості систем їх автоматизації, ефективності та надійності функціонування електроенергетики. Основні з них наступні:  1. Аналіз характеристик, особливостей і стану засобів одержання інформації про параметри режимів ЕЕО для систем диспетчерського управління, систем обліку ЕЕ, контролю та управління її якістю засвідчив їх невідповідність сучасному світовому рівню. З урахуванням тенденцій розвитку зарубіжної електротехніки і техніки управління в електроенергетиці розроблені вимоги до ПВК струму та напруги СКА ЕЕО, визначені основні підходи до аналізу, синтезу та випробувань, сформульовані задачі з вдосконалення та розвитку метрологічного забезпечення розробки, виробництва та експлуатації ПВК та їх компонентів.  2. Виконано математичне моделювання перехідних електромагнітних процесів в ємнісному ТН при різних видах пошкоджень за еквівалентною схемою, що враховує усі основні нелінійні елементи його конструкції. Це дозволяє при проектуванні ТН встановлювати відповідність цих процесів нормативним вимогам, а також здійснювати повномасштабне моделювання динамічних процесів в енергосистемі при дослідженні поведінки швидкодіючих захистів електромереж. На основі визначених критеріїв подібності розроблені принципи побудови фізичної моделі ємнісного ТН, прилад для контролю миттєвих значень його вторинної напруги та методика непрямих випробувань цих апаратів в перехідних режимах, що забезпечує спрощення та здешевлення стандартних випробувань, підвищення точності та достовірності даних випробувань, підвищує рівень їх метрологічного забезпечення.  3. Показано, що досліджувані електромагнітні процеси в первинних ВП струму та напруги описуються системами нелінійних диференціальних рівнянь з малим параметром, що дало можливість застосування для їх аналізу асимптотичних методів, зокрема методу багатьох масштабів, як зручного та ефективного засобу одержання та концентрованого представлення інформації про процеси, що досліджуються. Це дозволило розширити теоретичну базу досліджень вимірювальних трансформаторів, здійснити поглиблений аналіз процесів в них та одержати більше інформації і на цій основі побудувати досконалі за характеристиками та конструкціями ПВК струму та напруги.  4. Виконано комплекс теоретичних досліджень, що стосуються уточнення математичної моделі одноступеневого ТС, визначення її характеристик і цифрового відновлення на цій основі миттєвих значень первинного струму; побудови проміжних ВП струму; характеристик відключення, передавальної функції і похибок в перехідних режимах каскадного триступеневого ТС типу ТФРМ 1150-АУ1. Результати цих досліджень покладені в основу розробки перспективних ВП струму з техніко-економічними показниками, кращими від досягнутих; дозволяють суттєво покращувати метрологічні характеристики ТС, які знаходяться в експлуатації; забезпечили можливість повноцінного та своєчасного проведення проектних і пускових робіт по комплексу РЗА першої в світі промислової ЛЕП змінного струму напругою 1150 кВ Екібастуз-Урал і введення її в дослідну експлуатацію.  5. Для заданих умов застосування і вимог до вимірювання імпульсних струмів потужної ЕТУ спеціального призначення обґрунтована побудова двох типів ВП на основі електромагнітного ТС як з аналоговим, так і з цифровим відновленням вимірюваного сигналу. Виготовлені дослідні зразки таких перетворювачів, проведені їх випробування та метрологічна атестація на спеціально побудованому з цією метою випробувальному стенді. Це дало змогу оснастити ЕТУ метрологічно забезпеченими робочими засобами вимірювання, виконувати автоматизовані вимірювання струмів з високою точністю, підвищити достовірність вимірювальної інформації про параметри імпульсів і на цій основі покращити експлуатаційні та економічні показники ЕТУ.  6. Обґрунтовано доцільність і показані можливості, які надає застосування мікропроцесорної технології при побудові ПВК струму та напруги. Запропоновано комплексне розв’язання задачі інформаційного забезпечення систем управління шляхом побудови та застосування багатофункціонального засобу вимірювання електричних величин, як єдиного уніфікованого джерела вимірювальної і повідомляючої інформації та ретранслятора командної інформації для систем диспетчерського управління, систем комерційного обліку електроенергії, контролю та управління її якістю. Розроблена схема і алгоритми перетворення інформації таким засобом вимірювання, запропоновано метод визначення ним частоти мережі, який характеризується високою точністю і реалізується в темпі контрольованого процесу, а також метод визначення складових потужності, що ґрунтується на принципах максимальності повної потужності та адитивності всіх її складових. Реалізація запропонованого підходу до створення інформаційної основи СКА ЕЕО забезпечує побудову ефективних, розподілених, багаторівневих систем управління ЕЕС з технічно раціональною та економічно виправданою структурою.  7. На основі дослідження номенклатури, способів і умов регламентації метрологічних характеристик компонентів ПВК систем обліку електроенергії, впливу на них спотворень синусоїдної форми вимірювальних сигналів і несиметрії мережі запропонована вдосконалена методологія оцінювання похибок ПВК, яка забезпечує більш точне врахування об’ємів метрологічних втрат електроенергії при складанні її балансу на ЕЕО, насамперед за умов незначних та нестабільних навантажень. Обґрунтовано необхідність розширення меж нормування допустимих значень похибок компонентів ПВК для робочих умов, що часто мають місце в експлуатації і характеризуються вищими від нормованих стандартами на засоби вимірювання ПВК значеннями, відповідних зазначеним впливам, показників якості електроенергії. При цьому метрологічне забезпечення вимірювання реактивної енергії має бути побудованим за принципом однаковості алгоритмів функціонування робочих засобів вимірювання і еталонних засобів, які застосовуватимуться для їх повірки. Це сприятиме підвищенню точності та забезпеченню єдності вимірювання електроенергії.  8. Встановлено, що за певних умов похибка, зумовлена трансформаторною схемою увімкнення лічильника електроенергії, може бути домінуючою складовою в результуючій похибці ПВК, в декілька разів перевищуючи основну похибку лічильника електроенергії. Показано, що ефективним способом зменшення похибки ПВК може стати виключення в автоматичному режимі систематичної похибки трансформаторної схеми увімкнення лічильника електроенергії шляхом внесення поправок до результату вимірювання, які визначаються на основі результатів повірки вимірювальних трансформаторів і вимірювання коефіцієнта потужності контрольованої електромережі. Цим створено підґрунтя для розробки та впровадження методики виконання вимірювання електричної потужності та енергії з автоматичним коригуванням результату вимірювання і побудови систем обліку електроенергії високої точності.  9. На основі отриманих в роботі наукових результатів і технічних рішень розроблені, виготовлені та випробувані дослідні зразки електротехнічного обладнання і техніки управління, що входять до складу ПВК СКА ЕЕО, ЕТУ та випробувальних стендів метрологічного спрямування. Серед них, крім вже вище згаданих компаратора перехідних напруг, двох типів ВП імпульсного струму, проміжних ВП струму трифазний ВП струму на напругу 330 кВ з цифровим виходом; перша в Україні цифрова система вимірювання параметрів нормального режиму (СВПР) в складі цифрової системи управління підстанцією 35/10 кВ; комплекс програмно-технічних засобів на базі спеціалізованих промислових контролерів для передачі інформації від СВПР та її прийому на диспетчерському пункті верхнього рівня управління. Найбільш завершеним практичним результатом роботи є освоєння ВО “Київприлад” промислового виробництва трифазного багатофункціонального лічильника електроенергії типу “Каскад”, який характеризується високими метрологічними характеристиками усіх інтегрованих в ньому ВП, широким, ніким досі не реалізованим спектром функціональних можливостей і задовольняє усім вимогам з боку ринку електроенергії. | |