

## **Методи та засоби структурно-параметричної ідентифікації електротехнічних систем технологічної лінії з виробництва вітчизняного кабелю з полімерною ізоляцією на надвисокі напруги**

## **Методы и средства структурно-параметрической идентификации электротехнических систем технологической линии по производству отечественного кабеля с полимерной изоляцией на сверхвысокие напряжения**

## **Methods and tools for structural and parametric identification of electrical systems, processing line for the production of domestic cable with polymer-insulated extra-high voltage**

- 1. Номер державної реєстрації - 0116U003716,**
- 2. Науковий керівник – д.т.н., проф. Островерхов М.Я., Островерхов Н.Я., Ostroverkhov Mykola J.**

### **3. Суть розробки, основні результати. (укр.)**

Для підвищення якості кабельної продукції реалізована ідея цілеспрямованої на головне завдання багаторівневої системи структурно-параметричної ідентифікації об'єктів електротехнічного комплексу технологічної лінії з виробництва вітчизняного кабелю з полімерною ізоляцією на надвисокі напруги. Системи гарантують коректне, оптимальне за головним показником якості вирішення задачі в реальних умовах структурної, параметричної і сигнальної невизначеності та просторово-годинної обмеженості даних. Розвиток теорії ідентифікації та її застосування на практиці при виробництві кабелю на надвисокі напруги дозволило підвищити якість вирішення завдань оптимального адаптивного керування, діагностики і контролю параметрів, прогнозування поведінки складних електротехнічних комплексів.

Розроблено метод структурної ідентифікації складних нелінійних багатовимірних залежностей електротехнічних об'єктів, метод непараметричної ідентифікації складних нелінійних статичних залежностей з довільної динаміки руху електротехнічного об'єкту та метод отримання незміщених оцінок параметрів математичної моделі в умовах зашумленості вхідних і вихідних сигналів об'єкта ідентифікації, які дозволяють створити цілеспрямовану на головне завдання ієрархічну систему ідентифікації на технологічній лінії з виробництва кабелю. Запропоновано системи адаптивного оптимального керування, діагностики та прогнозування в електротехнічному комплексі технологічної лінії з виробництва вітчизняного кабелю на надвисоку напругу 330 кВ в умовах невизначеності та обмеженості даних про об'єкт, що забезпечує підвищення точності нанесення шарів ізоляції на 5 % та зменшення їх ексцентриситету на 3 %. Створено методики розрахунку та відповідні програмні засоби цілеспрямованої ієрархічно-побудованої системи ідентифікації в задачах адаптивного оптимального керування, діагностики і прогнозування в електротехнічних системах технологічної лінії з виробництва кабелів на заводі «Південкабель» в м. Харків.

### **(рос.)**

Для повышения качества кабельной продукции реализована идея целенаправленной на главную задачу многоуровневой системы структурно-параметрической идентификации объектов электротехнического комплекса технологической линии по производству отечественного кабеля с полимерной изоляцией на сверхвысокие напряжения. Системы гарантируют корректное, оптимальное по главным показателем качества решения задачи в реальных условиях структурной, параметрической и сигнальной неопределенности и пространственно-часовой ограниченности данных. Развитие теории идентификации и ее применение на практике при производстве кабеля на сверхвысокие напряжения позволило повысить качество решения задач оптимального адаптивного управления, диагностики и контроля параметров, прогнозирования поведения сложных электротехнических комплексов.

Разработан метод структурной идентификации сложных нелинейных многомерных зависимостей электротехнических объектов, метод непараметрической идентификации сложных нелинейных статических зависимостей произвольной динамики движения электротехнического объекта и метод получения несмещенных оценок параметров математической модели в условиях зашумленности входных и выходных сигналов объекта идентификации, которые позволяют создать целенаправленную на главную задачу иерархическую систему идентификации на технологической линии по производству кабеля. Предложены системы адаптивного оптимального управления, диагностики и прогнозирования в электротехническом комплексе технологической линии по производству отечественного кабеля на сверхвысокую напряжение 330 кВ в условиях неопределенности и ограниченности данных об объекте, обеспечивает повышение точности нанесения слоев изоляции на 5% и уменьшение их эксцентриситета на 3 %. Созданы методики расчета и соответствующие программные средства целенаправленной иерархически построенной системы идентификации в задачах адаптивного оптимального управления, диагностики и прогнозирования в электротехнических системах технологической линии по производству кабелей на заводе «Южкабель» в г. Харьков.

**(англ.)**

In order to improve the quality of cable products, the idea of a multi-level system of structural and parametric identification of objects of the electrical complex of the technological line for the production of domestic cable with polymeric insulation on ultrahigh voltage is aimed at the main task. Systems guarantee correct, optimal for the main indicator of the quality of the solution of the problem under real conditions of structural, parametric and signal uncertainty and space-time limited data. The development of the theory of identification and its application in practice in the production of cable for ultrahigh voltage has allowed to improve the quality of the solution of problems of optimal adaptive control, diagnostics and control of parameters, prediction of the behavior of complex electrical engineering complexes.

The method of structural identification of complex nonlinear multidimensional dependencies of electrotechnical objects, the method of nonparametric identification of complex nonlinear static dependences on the arbitrary dynamics of the motion of an electrotechnical object and the method of obtaining unmatched estimates of the parameters of a mathematical model in conditions of noisiness of input and output signals of the object of identification, which allow create a hierarchical identification system on the cable production line focused on the main task. The systems of adaptive optimal control, diagnostics and prognosis in the electrotechnical complex of the technological line for the production of domestic cable for ultrahigh voltage 330 kV are proposed in the conditions of uncertainty and limited data about the object, which ensures an increase in the accuracy of application of insulation layers by 5% and their eccentricity reduction by 3 %. Calculation methods and corresponding software tools of the purposeful hierarchically-built identification system in problems of adaptive optimum control, diagnostics and forecasting in the electrical engineering systems of the technological line for cable production at the «PivdenKabel» plant in Kharkiv are developed.

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

- Патент на корисну модель № 58787. Спосіб визначення складної нелінійної залежності "вхід-вихід" об'єкта ідентифікації / Сільвестров А.М., Скринник О.М., Уманська К.В. – Опубл. 30.04.2015. Бюл. № 36.
- Патент на корисну модель № 109114. Асинхронний двигун / Сільвестров А.М., Шинкаренко В.Ф., Мінець О.Ф., Прокоф'єв В.П. – Опубл. 10.08.2016. Бюл. № 15.

-

#### **5. Порівняння зі світовими аналогами.**

Результати відповідають світовому рівню. Виконана робота не має аналогів серед загальних методів синтезу алгоритмів оперативної ідентифікації для керування промисловими об'єктами в умовах невизначеності та просторово-часової обмеженості даних. Отримані теоретичні і практичні результати багаторівневої структурно-параметричної ідентифікації електротехнічних об'єктів гарантують адаптивне оптимальне

керування, діагностику чи прогнозування в умовах невизначеності та дозволяють підвищити якість кабелю з полімерною ізоляцією на надвисокі напруги.

#### **6. Економічна привабливість для просування на ринок.**

Впровадження результатів роботи призводить до підвищення якості сучасних кабелів на надвисокі напруги з полімерною ізоляцією. За рахунок впровадження енергетичних кабелів з полімерною ізоляцією на напругу до 330 кВ в кабельні лінії України економічний ефект може скласти більше 2 млн. грн. на рік. Понад 20 % вітчизняних кабелів на надвисокі напруги з полімерною ізоляцією можуть експортуватися в інші країни світу, зміцнюючи економічний потенціал та позитивний імідж України. Терміни впровадження та окупності складають один та два роки відповідно.

#### **7. Потенційні користувачі.**

Кабельні заводи України, зокрема ПАТ "Завод "Південькабель" (м. Харків), а також організації електротехнічного профілю, зокрема НДПКІ "Молнія" (м. Харків), ІЕД НАН України (м. Київ), ІПТ НАН України (м. Миколаїв), НВО "Укрренерго" (м. Київ).

#### **8. Стан готовності розробки.**

Розроблено методики розрахунку цілеспрямованої ієрархічно-побудованої системи ідентифікації в задачах адаптивного оптимального керування, діагностики і прогнозування в електротехнічних системах технологічної лінії з виробництва кабелів на надвисокі напруги.

#### **9. Існуючі результати впровадження.**

Методики розрахунку цілеспрямованої ієрархічно-побудованої системи ідентифікації та рекомендації щодо практичної реалізації, а також методики оцінки якості полімерної ізоляції кабелю впроваджено в ПАТ «Завод Південкабель» в м. Харків.

#### **10. Форма участі інвестора.**

В реалізації результатів проекту частка інвестора 100%, а частка від прибутку 75%.

#### **11. Обсяг інвестицій.**

Сума інвестицій залежить від ряду факторів, зокрема, специфіки електротехнічних об'єктів, виробничих технологій, рівня існуючого програмного комплексу автоматизованої системи управління. Сума інвестицій може становити від десятків до сотень тисяч доларів США.

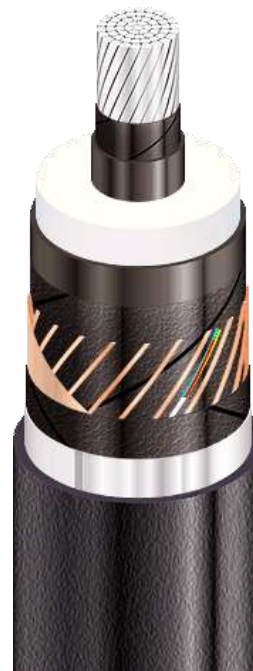
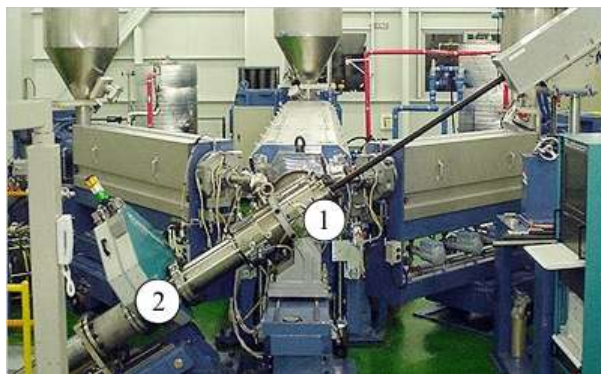
#### **12. Мета інвестицій.**

Підвищення якості сучасного кабелю на надвисокі напруги з полімерною ізоляцією на основі нового класу цілеспрямованої на головне завдання багаторівневої системи ідентифікації.

#### **13. Назва підрозділу, телефон, e-mail.**

КПІ ім. Ігоря Сікорського, факультет електроенерготехніки та автоматики, кафедра теоретичної електротехніки, (044) 204-82-39, [toe209@gmail.com](mailto:toe209@gmail.com)

## 14. Фото розробки



## 15. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання.

Захищено 2 кандидатські дисертації, готується до захисту 1 докторська та 1 кандидатська дисертація; видано 3 монографії та 3 навчальні посібники; опубліковано 8 статей у журналах та 7 статей на міжнародних конференціях, що індексуються БД Scopus; опубліковано 21 стаття у фахових виданнях України та у закордонних журналах; зроблено 17 доповідей на міжнародних конференціях. Основні публікації:

1. Островерхов М.Я., Сільвестров А. М., Скриннік О.М. Системи і методи ідентифікації електротехнічних об'єктів: Монографія. – К.: НАУ, 2016. – 324 с.
2. Щерба А.А., Резинкин О.Л., Резинкина М.М. Электрофизические процессы в диэлектрических и магнитных средах: Монография. – К.: Наукова думка, 2016. – 191 с.
3. Островерхов М.Я. Електротехнічні системи на основі електромагнітних виконавчих пристроїв для керування параметрами технологічних процесів: Монографія. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 348 с.
4. Ostroverkhov M., Silvestrov A., Kryvoboka G. Identification of the parameters of the cable production process // Technology audit and production reserves. – 2017. – No 5/1(37). – pp. 29-34.
5. Shcherba M.A. Multi-physical processes during electric field disturbance in solid dielectric near water micro-inclusions connected by conductive channels // IEEE Intelligent Energy and Power Systems, 2016, pp. 1–5.
6. Островерхов М. Я., Сільвестров А. М., Боряк Б. Р. Компенсація запізнення в контурі керування процесом нанесення ізоляції на струмопровідну жилу кабелю // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко- технологічні системи та комплекси. – Харків: НТУ «ХПІ», 2017. – № 33(1255). – С.61-67.

## 16. Надати ключові слова до розробки.

Електротехнічні системи, засоби, кабель, методи, надвисока напруга, полімерна ізоляція, технологічна лінія, структурно-параметрична ідентифікація.