

УДК 621.311

ОПЕРАТИВНЕ ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ ПЕРЕТИНІВ ЕНЕРГОСИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОЛІНОМІАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ ТА РЕЗУЛЬТАТІВ СИНХРОНІЗОВАНИХ ВИМІРЮВАНЬ ВЕКТОРІВ НАПРУГИ

О.Ф. Буткевич, докт. техн. наук, **А.В. Левконюк**, асп.

Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна
butkevych@ied.org.ua

Запропоновано спосіб ідентифікації структури контрольованих перетинів енергосистеми (ЕС), який передбачає використання в центрі оперативного керування ЕС поточних результатів синхронізованих вимірювань векторів напруги на окремих об'єктах ЕС і моделей, побудованих з використанням індуктивного методу самоорганізації складних систем. Бібл. 6, табл. 7.

Ключові слова: диспетчерське керування енергосистемами, запас статичної стійкості, перетин енергосистеми, синхронізовані вимірювання векторів напруги, поліноміальна модель.

Ведення режимів енергосистем (ЕС) та їх об'єднань (ОЕС; далі вживатимемо переважно аббревіатуру ЕС) забезпечується оперативно-диспетчерським персоналом на базі використання відповідних технічних засобів та інформації – як поточної, так і у вигляді довідкових та інструктивних матеріалів, зокрема інструкції “ОД-10”. Допустимість потоків активної потужності через контрольовані перетини ЕС залежить від структури таких перетинів і обумовлюється вимогою забезпечення нормативних запасів статичної стійкості [5], практичне виконання якої зводиться до виконання умови

$$P_i \leq P_{i.m.d.}, \quad (1)$$

де P_i , $P_{i.m.d.}$ – відповідно поточне (виміряне) та максимально допустиме (розраховане) значення потоку активної потужності, визначене для i -го контрольованого перетину, яке є мінімальним серед усіх можливих максимально допустимих значень, визначених для цього перетину ЕС у різні можливі способи обважнювання режиму (способи зміни режиму ЕС, які призводять до завантаження відповідного перетину):

$$P_{i.m.d.} = \min \left\{ P_{i.m.d.j} = P_{i.sp.j} (1 - K_{норм.P}) - \Delta P_i, \quad j = \overline{1, n_{сп.обв.}} \right\}, \quad (2)$$

де $P_{i.sp.j}$, ΔP , $K_{норм.P}$ – відповідно значення потоку активної потужності в i -му перетині в граничному режимі, одержаному за j -го способу обважнювання режиму, значення нерегулярних коливань активної потужності в перетині та нормативне значення коефіцієнта запасу з активної потужності; $n_{сп.обв.}$ – кількість практично можливих способів обважнювання режиму ЕС.

Щоб здійснювати за умовою (1) контроль (безпосередній, *прямий*) допустимості завантаження певного перетину ЕС, слід мати інформацію щодо його поточної структури (для деяких перетинів ЕС потрібно також знати і стан окремих елементів електричної мережі, які впливають на визначення $P_{i.m.d.}$ (2)). На жаль, далеко не завжди забезпечується надійне одержання в ДЦ ЕС такої інформації (як і зазначених вище результатів телевимірювання потоків активної потужності, що використовуються під час *прямого* контролю). Надходження до ДЦ ЕС інформації (у вигляді телесигналів, що опосередковано свідчать про спрацьовування відповідних комутаційних апаратів) про факт відключення елемента (лінії електропередачі) контрольованого перетину ЕС може відбуватися із суттєвою затримкою, наслідком чого буде невідповідність інформації, якою користується диспетчерський персонал, фактичній структурі перетину. Зазначена невідповідність призводитиме до невірної оцінки допустимості завантаження контрольованого перетину ЕС з можливими негативними наслідками. Тому пра-

вильність визначення допустимості завантаження кожного контрольованого перетину ЕС безпосередньо пов'язана з надійністю ідентифікації його поточної структури.

Дослідженнями встановлено (результати представлено в окремих публікаціях, наприклад [1–4, 6], їх враховано в нормативному документі [5]), що на базі використання в центрі оперативного-диспетчерського керування (ДЦ) ЕС спеціально побудованих моделей у формі полінома Колмогорова-Габора та результатів поточних синхронізованих вимірювань векторів напруги на об'єктах ЕС України, попередньо визначених у результаті побудови зазначених поліноміальних моделей (ПМ), теж можна забезпечити контроль виконання умови (1) (але це вже буде *непрямою* контроль). Такий контроль не залежить від традиційного (*прямого*) контролю (він його доповнює), під час якого використовуються результати телевимірювання потоків активної потужності в контрольованих перетинах ЕС. *Непрямою* контроль не потребує забезпечення оглядовості ЕС, під час такого контролю в ПМ “вводяться” лише результати синхронізованих вимірювань векторів напруги, одержувані в ДЦ ЕС з окремих об'єктів ЕС. Тому використання поряд з “традиційним” зазначеного *непрямого* контролю підвищує надійність визначення допустимості режимів ЕС за запасами статичної стійкості, тим самим підвищуючи надійність функціонування ЕС, що зазначено і в [5].

У разі використання *прямого* чи/та *непрямого* контролю потрібна попередня визначеність щодо структури контрольованого перетину ЕС, а оскільки ідентифікація поточної структури контрольованих перетинів ЕС залишається “традиційною”, то лишається і потреба підвищення надійності зазначеної ідентифікації. В результаті досліджень встановлено, що використовуючи ту ж саму інформацію, підготовлену для формування вибірок даних, призначених для побудови ПМ визначення допустимості завантаження контрольованих перетинів ЕС, можна побудувати і ПМ для встановлення факту наявності змін у структурі контрольованого перетину ЕС та визначення його вимкнених елементів (якщо факт вимкнення мав місце).

Основне питання, яке потребувало з'ясування, – це можливість виявлення ознак “портретного” відображення змін у структурі перетину ЕС у “простір” модулів та кутів векторів напруги, що дало б змогу визначати вимкнені елементи контрольованого перетину, використовуючи результати вимірювання відповідних модулів та кутів векторів напруги.

Загальний вигляд ПМ – це поліном Колмогорова-Габора:

$$F(X) = a_0 + \sum_{i=1}^M a_i x_i + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M a_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^M a_{ijk} x_i x_j x_k + \dots,$$

змінні якого (елементи вхідного вектора X) – це модулі та кути векторів напруги.

Для побудови моделей класифікації режимів ЕС та моделей ідентифікації структури контрольованих перетинів використовуються ті ж самі дані, на базі яких формуються вибірки даних:

$$D = \{ (V_j, s_j) \}_{j=1}^N, \quad (3)$$

кожний вектор яких (V_j) є “представником” певного режиму ЕС, його *образом* (елементи кожного такого вектора – це значення модулів та кутів векторів напруги окремих вузлів розрахункової схеми ЕС). У разі використання узагальненої структури вибірок (3), придатної для побудови моделей класифікації режимів ЕС за запасами статичної стійкості та моделей ідентифікації структури контрольованих перетинів ЕС, “у парі” з кожним вектором V_j передбачено використання вектора ідентифікаторів (s_j). Перший елемент такого вектора містить інформацію, за якою встановлюється належність режиму до певного класу допустимості (залежно від *інтервального* значення коефіцієнта запасу з активної потужності у контрольованому перетині ЕС [3]), другий елемент містить номер траєкторії об'єктування режиму ЕС (ця інформація не використовується безпосередньо під час побудови ПМ і має допоміжне призначення), а третій – ідентифікатор структури контрольованого перетину. Під час побудови моделей, призначених для ідентифікації структури контрольованого перетину ЕС, використовується значення саме цього, третього елемента вектора ідентифікаторів.

Інтерпретація результату обчислення полінома моделі залежатиме від того, для розв'язання якої задачі її побудовано – для визначення допустимості поточного завантаження контрольованого перетину ЕС чи для ідентифікації його структури.

Для з'ясування можливості виявлення ознак у просторі векторів напруги, які б свідчили про наявність змін у структурі перетину ЕС, попередньо було застосовано “наївний”, або *одноетапний* спосіб ідентифікації вимкненого елемента перетину, який відрізнявся як підготовкою вибірок даних для побудови ПМ, так і точністю (правильністю) визначення вимкненого елемента перетину ЕС. Результати досліджень, пов'язані із застосуванням *одноетапного* способу, підтвердили гіпотезу щодо можливості виявлення у просторі векторів напруги ознак, які б свідчили про наявність змін у структурі перетину ЕС, однак за точністю ідентифікації вимкненого елемента перетину ЕС не були прийнятними (під час визначення вимкнених елементів контрольованого перетину ОЕС України “Захід-Вінниця” мінімальна кількість помилок на тестовій вибірці становила 10 %).

Розглянемо розроблений *двоетапний* спосіб розв'язання зазначеної вище задачі з використанням ПМ на прикладі визначення структури контрольованого перетину ОЕС України “Захід-Вінниця”. Цей спосіб передбачає використання ансамблю ПМ: на першому етапі використовується модель лише для виявлення змін у структурі перетину, а на другому (якщо зазначені зміни мали місце) – ПМ для ідентифікації вимкненого елемента перетину.

Елементи перетину “Захід-Вінниця” – повітряні лінії електропередачі (ПЛ). Кожний із ПЛ зазначеного перетину поставимо у відповідність номер-ідентифікатор. Нумери вузлів приєднання таких ПЛ згідно з розрахунковою схемою ОЕС України, що використовуються в ДП «Національна енергетична компанія «Укренерго» у розрахунках електричних режимів ОЕС України, та відповідні номери-ідентифікатори представлено в табл. 1 (у найменуваннях ПЛ використано найменування електричних підстанцій та аббревіатури електростанцій: ХАЕС та ЧАЕС – відповідно Хмельницька та Чорнобильська АЕС, БуТЕС – Бурштинська ТЕС). В [2] наведено фрагмент розрахункової схеми ОЕС України, на якому представлено перетин “Захід-Вінниця”.

Таблиця 1. Склад ПЛ перетину ОЕС України “Захід-Вінниця”

Найменування ПЛ	Номери вузлів приєднання ПЛ (згідно з нумерацією розрахункової схеми ОЕС України)	Номер- ідентифікатор ПЛ
ХАЕС – ЧАЕС	808 – 703	1
Західноукраїнська – Вінниця	945 – 827	2
ХАЕС – Шепетівка	809 – 803	3
ХАЕС – Хмельницький	809 – 810	4
БуТЕС – Ів.-Франківськ	907 – 905	5
БуТЕС – Тернопіль	907 – 813	6

Для побудови зазначеного вище ансамблю ПМ було сформовано відповідні вибірки даних. Кожний вектор V_j (3) таких вибірок утворювали 42 елементи, значення яких – це одержані в результаті розрахунків модулі та кути векторів напруги (далі в таблицях відповідно позначені $|U|$ та F_u) попередньо експертно визначених вузлів розрахункової схеми ОЕС України. В табл. 2 наведено перелік параметрів режиму, які увійшли до складу кожного з векторів вибірок: біля позначення кожного параметра режиму зазначено відповідний номер вузла розрахункової схеми ОЕС України та його позначення в ПМ.

Вибірку даних, призначену для побудови (включаючи тестування) ПМ, що використовуються на 1-му етапі (далі – ПМ 1-го етапу), на якому лише встановлюється сам факт наявності чи відсутності змін у структурі контрольованого перетину, утворювали вектори V_j , які “представляли” різні *нормальні* та *післяаварійні* (з відключенням ПЛ у контрольованому перетині) режими, одержані під час обважнювання у різні способи базового режиму ОЕС Укра-

їни в контрольованому перетині “Захід-Вінниця”. Кількість *точок* такої вибірки даних (3) становила $N = 3554$.

Таблиця 2. Перелік елементів, які увійшли до складу векторів вибірок

Параметр режиму та номер вузла	Позначення параметра режиму в ПМ	Параметр режиму та номер вузла	Позначення параметра режиму в ПМ
U : 808	x1	Fu: 599	x22
Fu: 808	x2	U : 822	x23
U : 703	x3	Fu: 822	x24
Fu: 703	x4	U : 805	x25
U : 945	x5	Fu: 805	x26
Fu: 945	x6	U : 821	x27
U : 827	x7	Fu: 821	x28
Fu: 827	x8	U : 801	x29
U : 809	x9	Fu: 801	x30
Fu: 809	x10	U : 941	x31
U : 803	x11	Fu: 941	x32
Fu: 803	x12	U : 901	x33
U : 810	x13	Fu: 901	x34
Fu: 810	x14	U : 902	x35
U : 907	x15	Fu: 902	x36
Fu: 907	x16	U : 727	x37
U : 813	x17	Fu: 727	x38
Fu: 813	x18	U : 723	x39
U : 905	x19	Fu: 723	x40
Fu: 905	x20	U : 720	x41
U : 599	x21	Fu: 720	x42

Вибірку даних, призначену для побудови ПМ, що використовуються на 2-му етапі (далі – ПМ 2-го етапу), на якому визначається конкретний вимкнений елемент перетину, утворювали вектори, якими “представлялися” лише *післяварійні* режими, пов’язані з відключенням за різних режимних умов кожної з ПЛ перетину. Підкреслимо, що склад векторів обох вибірок залишався незмінним. Більше того, ці ж дані (вектори V_j) використовувалися і для формування вибірок, призначених для побудови ПМ для визначення допустимості завантаження цього перетину.

У вибірках даних (3), що використовувалися для побудови (навчання) ПМ 1-го етапу, третій елемент вектора S_j завжди мав від’ємне значення, якщо вектор V_j представляв режим, розрахований для випадку нормальної схеми перетину (усі ПЛ перетину ввімкнено), і мав додатне, якщо якусь ПЛ перетину було вимкнено. Тому під час використання ПМ 1-го етапу одержання додатного значення $F(X)$ свідчить про наявність змін у структурі перетину. У разі виявлення факту вимкнення ПЛ перетину застосовуються ПМ 2-го етапу і визначається конкретна вимкнена ПЛ перетину (в результаті такої ідентифікації визначається номер-ідентифікатор вимкненої ПЛ перетину).

Для побудови ПМ 2-го етапу кількість *точок* вибірки даних (3) становила $N=1619$.

На базі сформованих вибірок даних було побудовано декілька ПМ для використання на 1- та 2-му етапах. Такі моделі мали однаковий (восьмий) порядок, дещо відрізнялися складом вектора вхідних змінних X та значеннями критерію регулярності (один із двох зовнішніх критеріїв, за яким відбувалася селекція моделей: чим менше це значення, тим краща модель). Іншим зовнішнім критерієм селекції ПМ, який теж використовувався, був мінімум помилок

класифікації на тестовій вибірці даних (для відібраних моделей було досягнуто нульове значення цього критерію). Такі моделі можна вважати *дублерами* однієї з побудованих моделей (це стосується як ПМ 1-го, так і 2-го етапів), яка характеризується мінімальним значенням критерію регулярності (кращої моделі). *Моделі-дублери* є резервними і на кожному з двох етапів можуть використовуватися у разі “втрати” частини вхідної інформації для кращої моделі (але за наявності вхідної інформації для відповідної моделі-дублера).

Окремі ПМ 1-го етапу представлено в табл. 3 складом вхідного вектора X (вектора режимних параметрів, відібраних у результаті побудови ПМ з числа 42-х, що утворювали вектор вибірки даних). Такі ПМ не припускалися помилок на тестовій вибірці даних. Кращою за значенням критерію регулярності є ПМ № 15.

Таблиця 3. Склад режимних параметрів – вхідних змінних ПМ, призначених для встановлення факту наявності змін у структурі контрольованого перетину

№ ПМ	Склад вхідного вектора моделі	Значення критерію регулярності
1	Fu: 945, U : 803, U : 810, Fu: 813, U : 905, Fu: 905, Fu: 720	0,193
2	Fu: 945, U : 945, U : 803, U : 810, U : 907, U : 813, U : 905, Fu: 720	0,230
3	Fu: 808, Fu: 945, Fu: 827, U : 803, U : 810, U : 905, Fu: 905, Fu: 720	0,128
4	Fu: 808, Fu: 827, U : 803, U : 810, U : 907, U : 905, Fu: 905	0,195
5	Fu: 808, Fu: 827, U : 803, U : 810, U : 907, Fu: 905	0,255
6	Fu: 808, Fu: 945, Fu: 827, Fu: 803, U : 810, Fu: 905	0,208
7	Fu: 808, U : 945, Fu: 827, U : 803, U : 810, Fu: 905	0,245
8	U : 808, Fu: 808, Fu: 827, U : 803, U : 810, U : 905, U : 805	0,200
9	U : 808, Fu: 808, Fu: 827, U : 803, U : 810, Fu: 905, U : 805	0,226
10	U : 808, Fu: 945, U : 803, U : 810, U : 907, Fu: 905, Fu: 720	0,166
11	U : 808, Fu: 945, U : 803, U : 810, U : 907, U : 905, Fu: 720	0,168
12	U : 808, Fu: 945, U : 803, U : 810, Fu: 813, U : 905, Fu: 720	0,202
13	U : 808, U : 945, Fu: 945, U : 803, U : 810, U : 813, U : 905, Fu: 720	0,184
14	U : 808, Fu: 808, U : 945, Fu: 827, U : 803, U : 810, Fu: 905	0,263
15	Fu: 808, Fu: 945, Fu: 827, U : 810, U : 905, U : 805, U : 801, Fu: 720	0,116

ПМ 1-го етапу позначено в табл. 3 за № 3.

Окремі з побудованих ПМ 2-го етапу, призначених для визначення вимкненої ПЛІ контрольованого перетину ОЕС України “Захід-Вінниця”, представлено в табл. 4 складом змінних вхідного вектора X .

Таблиця 4. Склад режимних параметрів – вхідних змінних ПМ, призначених для визначення вимкненої ПЛІ контрольованого перетину

№ ПМ	Склад вхідного вектора моделі	Значення критерію регулярності
1	Fu: 703, Fu: 945, Fu: 827, U : 813, Fu: 813, U : 905	0,027
2	Fu: 703, Fu: 809, Fu: 827, U : 813, Fu: 813, U : 905	0,019
3	Fu: 808, Fu: 703, Fu: 827, U : 813, Fu: 813, U : 905	0,021
4	Fu: 808, Fu: 703, Fu: 827, U : 813, Fu: 813, U : 905, Fu: 805	0,012
5	Fu: 808, Fu: 703, Fu: 827, Fu: 809, U : 813, Fu: 813, U : 905	0,011
6	Fu: 808, Fu: 703, Fu: 945, Fu: 827, U : 813, Fu: 813, U : 905	0,017
7	Fu: 808, Fu: 703, Fu: 827, U : 813, Fu: 813, U : 905	0,018
8	Fu: 808, Fu: 703, Fu: 827, U : 813, Fu: 813, U : 905, Fu: 805	0,024
9	U : 808, Fu: 808, Fu: 703, Fu: 827, U : 813, Fu: 813, U : 905	0,018

Краще за критерієм регулярності ПМ 2-го етапу в табл. 4 позначено під № 5.

У табл. 5 для випадку нормальної схеми контрольованого перетину ОЕС України “Захід-Вінниця” (усі ПЛ перетину увімкнено) наведено результати обчислення поліномів перших чотирьох моделей, представлених в табл. 3 складом відповідних вхідних векторів.

Таблиця 5. Результати обчислення поліномів моделей 1-го етапу для випадку нормальної схеми перетину

№ ПМ 1-го етапу (згідно з табл. 3)	Результат обчислення полінома моделі
ПМ № 1	-0,275
ПМ № 2	-0,664
ПМ № 3	-0,291
ПМ № 4	-0,406

Представлені в табл. 5 результати обчислення поліномів моделей від’ємні, що свідчить про нормальну схему перетину (усі ПЛ увімкнено). У такому випадку ПМ 2-го етапу не використовуються.

Розглянемо випадок, коли аварійно вимкнено ПЛ “Західноукраїнська – Вінниця”, номер-ідентифікатор якої – «2» (табл. 1). Для цього випадку в табл. 6 наведено результати обчислення поліномів тих же моделей, результати обчислення яких наведено в табл. 5.

Таблиця 6. Результати обчислення поліномів моделей 1-го етапу для випадку аварійно вимкненої ПЛ перетину

№ ПМ 1-го етапу (згідно з табл. 3)	Результат обчислення полінома моделі
ПМ № 1	0,231
ПМ № 2	0,117
ПМ № 3	0,106
ПМ № 4	0,185

Результати обчислення усіх чотирьох ПМ (*моделей-дублерів*) 1-го етапу додатні, що свідчить про неповну схему перетину. Це дає підстави для використання моделей 2-го етапу. В табл. 7 наведено результати обчислення поліномів перших шести представлених в табл. 4 ПМ, призначених для визначення вимкненої ПЛ перетину.

Таблиця 7. Результати обчислення поліномів моделей 2-го етапу

№ моделі	Результат обчислення полінома моделі
ПМ № 1	2,254
ПМ № 2	2,243
ПМ № 3	2,285
ПМ № 4	2,282
ПМ № 5	2,311
ПМ № 6	2,348

Представлені в табл. 7 результати обчислення поліномів моделей додатні. Процедура визначення ідентифікатора вимкненої ПЛ перетину передбачає округлення результату обчислення полінома моделі 2-го етапу до цілих, що у разі використання будь-якої з таких *моделей-дублерів* дає «2». Такий результат, згідно з табл. 1, свідчить, що в перетині вимкнено ПЛ “Західноукраїнська – Вінниця”.

Висновки. 1. Запропонований спосіб оперативної ідентифікації структури контрольованих перетинів ЕС базується на використанні моделей, побудованих за допомогою тих же програмних засобів та результатів розрахунків режимів ЕС, традиційно виконуваних для підготовки інструкцій диспетчерському персоналу, що і моделі, призначені для оперативного

визначення допустимості завантаження контрольованих перетинів ЕС за запасами статичної стійкості.

2. Вхідною інформацією для моделей, призначених для ідентифікації структури контрольованих перетинів ЕС, як і моделей, призначених для оперативного визначення допустимості завантаження контрольованих перетинів ЕС, є результати синхронізованих вимірювань векторів напруги, одержувані в центрі оперативного керування ЕС з попередньо визначених окремих об'єктів ЕС. Використання лише цієї інформації і повна незалежність від наявних засобів телемеханіки дає змогу підвищити надійність ідентифікації структури контрольованих перетинів ЕС і надійність моніторингу допустимості завантаження контрольованих перетинів у цілому.

1. Буткевич О.Ф., Левконюк А.В. Оцінювання рівня безпеки поточних режимів ОЕС України // Техн. електродинаміка. Темат. вип.: „Силова електроніка та енергоефективність”. – 2007. – Ч. 1. – С. 68–73.
2. Буткевич О.Ф., Левконюк А.В., Зорін Є.В., Буланая В.С. Про використання синхронізованих вимірів кутів напруги з об'єктів ОЕС України при визначенні допустимості її поточних режимів за запасами статичної стійкості // Техн. електродинаміка. – 2010. – № 6. – С. 51–58.
3. Буткевич О.Ф., Левконюк А.В., Рибіна О.Б. Моніторинг запасів статичної стійкості енергосистеми на базі вимірів векторів напруги // Техн. електродинаміка. – 2012. – № 2. – С. 23–24.
4. Кириленко О.В., Буткевич О.Ф., Рибіна О.Б., Блінов І.В., Левконюк А.В. Моніторинг допустимості завантаження перетинів об'єднаної енергосистеми України та моделі функціонування конкурентного оптового ринку електроенергії // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: Зб. наук. пр. – К.: ІЕД НАН України, 2012. – Вип. 32. – С. 26–32.
5. СОУ – Н МЕНВ 40.1 – 00100227 – 68:2012 “Стійкість енергосистем. Керівні вказівки”. – Київ: ГРІФРЕ, 2012. – 35 с.
6. Стогний Б.С., Буткевич А.Ф., Зорин Е.В., Левконюк А.В., Чижевский В.В. Проблемно-ориентированный мониторинг режимов энергообъединения // Техн. електродинаміка. – 2008. – № 6. – С. 52–59.

УДК 621.311

А.Ф. Буткевич, докт. техн. наук, **А.В. Левконюк**, асп.

Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина

Оперативное определение структуры сечений энергосистемы с использованием полиномиальных моделей и результатов синхронизированных измерений векторов напряжения

Предложен способ идентификации структуры контролируемых сечений энергосистемы (ЭС), который предусматривает использование в центре оперативного управления ЭС текущих результатов синхронизированных измерений векторов напряжения на отдельных объектах ЭС и моделей, построенных с использованием индуктивного метода самоорганизации моделей сложных систем. Библиограф. 6, табл. 7.

Ключевые слова: диспетчерское управление энергосистемами, запас статической устойчивости, сечение энергосистемы, синхронизированные измерения векторов напряжения, полиномиальная модель.

O.F. Butkevych, A.V. Levkonyuk

Institute of Electrodynamics National Academy of Science of Ukraine,
Peremogy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine

The prompt structure identification of power system's cutsets by using polynomial models and the results of synchronized measuring of voltage phasors

The way of identifying of controlled cutsets of power system (PS) is proposed. This way implies the use at the PS's control center current results of synchronized measuring of voltage phasors at the several PS objects and the models constructed by using the inductive method of self-organizing models of complex systems. References 6, tables 7.

Key words: power system dispatching, steady state stability margin, power system's cutset, synchronized measuring of voltage phasors, polynomial model.

Надійшла 21.05.2013

Received 21.05.2013