

УДК 621.311.153

Є.А. ЛЕНЧЕВСЬКИЙ, канд. техн. наук, В.К. ТУВАРЖІЄВ, канд. техн. наук, К.Л. ОЛІЙНИК
(Інститут загальної енергетики НАН України, Київ)

ВІДОБРАЖЕННЯ ПОТОЧНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ ЕНЕРГОСИСТЕМИ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ЗАПРОПОНОВАНОГО МЕТОДУ ТЕЛЕВИМІРУ КУТА $\delta_{1,2}$ МІЖ ВЕКТОРАМИ ВУЗЛОВИХ НАПРУГ

Розглянуто сучасну методику відображення інформації при диспетчерському керуванні режимами енергосистеми, запропоновано шляхи подальшого його вдосконалення на базі створення нових систем телевиміру поточних значень розміру кута δ між векторами напруги на початку та протилежній частині високовольтної лінії.

На сьогодні в західних країнах усе більше застосовуються нові методи відображення інформації в диспетчерському управлінні. Одна з причин цього полягає в тому, що при керуванні режимами електричних мереж значно зросли відповідні об'єми інформації. Тому диспетчерам під час контролю за режимом та станом енергосистеми доводиться здійснювати й аналізувати досить великі об'єми інформації. Так, при оцінці режиму роботи електричної мережі сучасними методами отримується різноманітна інформація, яка визначається за співвідношенням параметрів – одного параметра до іншого або ж до номінального їх значення. Прикладом такої інформації, не коректної (не чіткої), яка часто надається в багатослівних образах, є такі повідомлення: "низькі напруги в північній частині мережі", "високі потоки потужності зі сходу на захід" або "врівноважений профіль напруги".

Для всебічного, по можливості об'єктивного, аналізу робочого стану електромереж обслуговуючий персонал повинен на центральному диспетчерському пульті обробляти велику кількість різнопланової інформації, наданої, як правило, у цифровому вигляді. Сприйняття об'ємної та одноманітної за своєю формою інформації суттєво ускладнює роботу персоналу, тому в деяких західних країнах застосовується система візуального відображення головних показників поточного режиму енергосистеми [1].

Нові методи відображення інформації будуються на застосуванні сучасних технічних засобів:

- графічного моделювання;
- комбінації графічної та цифрової інформації;
- інтегральної індикації вузлових напруг і кута ϕ їх фазового зсуву.

Завдяки інтеграції різнопланових одиночних даних відображається актуальний стан мережі, а також можливі прояви та тенденції в на-

очній, образній формі та в різних площинах зображення. Застосована концепція ієрархічного представлення стану мережі на трьох рівнях індикації з різними ступенями деталізації забезпечує оператора необхідною інформацією лише для поставленого завдання. При цьому інформація надається як цифровими, так і графічними методами. Тобто для відображення поточного стану енергосистеми, відхиляючи окремі дані та деталі, досить мати уявлення про контрольну інформацію, таку, як перехід через граничні значення, а також загальні та сумарні цифри.

На рис. 1 наведено приклад фактичного відображення стану мережі методом візуалізації інформації, у формі інтегральної індикації та графічного моделювання, при цьому використовується комбінація графічної та цифрової обробки даних.

Згідно з рисунком диспетчер також має змогу сприймати інформаційне відображення відхилень мінімального і максимального значень діючих напруг, а також кута ϕ їх фазового зсуву.

Результати реалізуються за допомогою алгоритму стиснення даних, який з різних одиночних величин для вузлів і гілок мережі обчислює скалярні параметри.

Таким чином, за допомогою утвореного ланцюга взаємодії: інтерфейс – машина – людина (ІМЛ) оператору надається можливість візуального сприйняття і швидкого розпізнавання графічно оформлених хронологічних змін і відхилень головних показників енергосистеми від їх номінальних значень.

У розвитку зазначеного питання Інститут загальної енергетики НАН України проводить дослідження з розробки інженерної методики побудови нової інформаційної системи, котра призначена суттєво розширити можливості процесу відображення головних показників поточного режиму роботи енергосистеми.

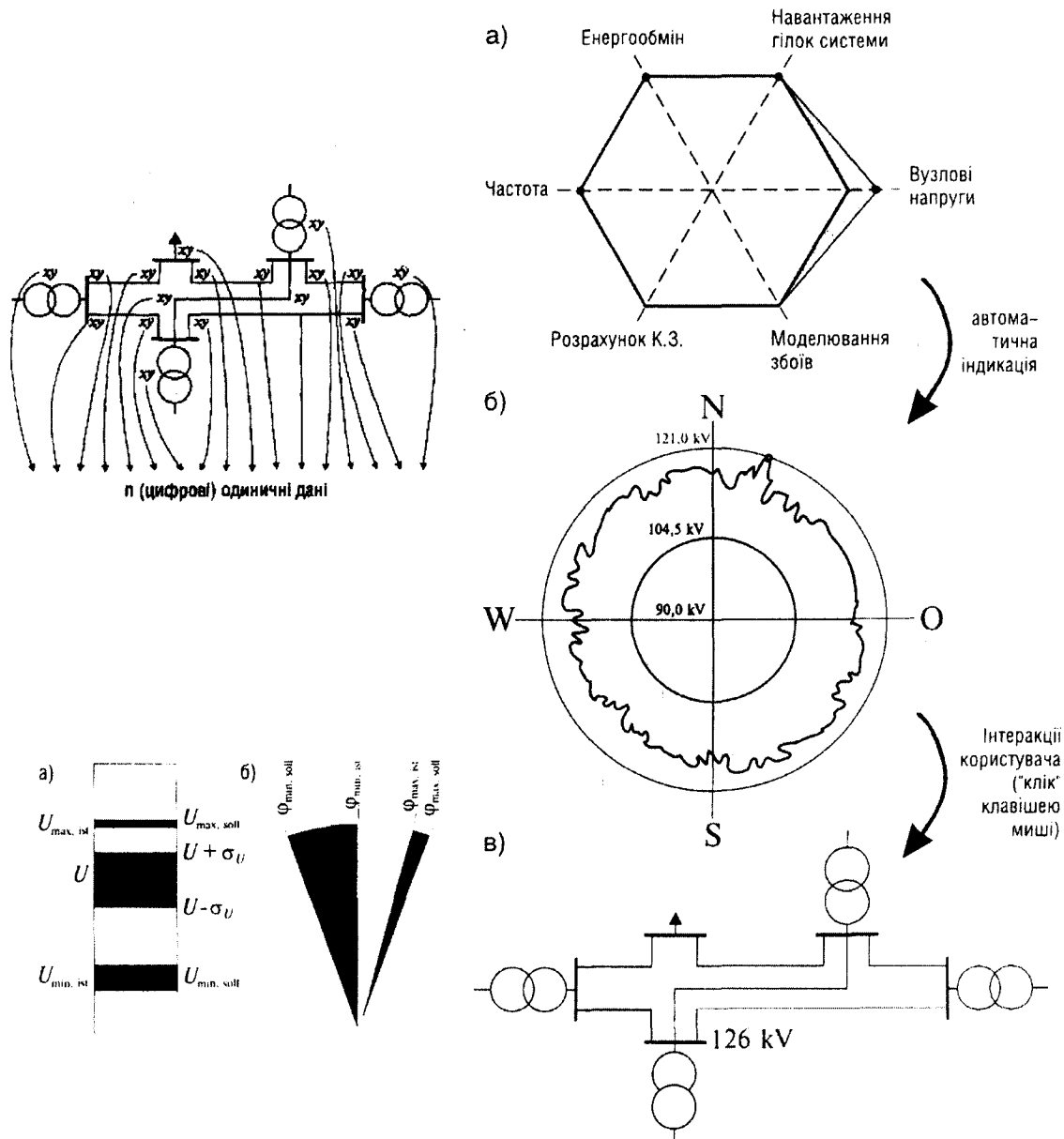


Рис. 1. Візуалізація при керуванні режимами енергосистем

Побудова такої системи базується на реалізації запропонованого у [2] способу телевиміру миттєвих значень кута $\delta_{1,2}$ між векторами вузлових напруг енергосистеми.

Реалізація нового способу телевиміру, насамперед, надасть переваги у можливостях відображення диспетчерської інформації, наприклад, за допомогою монітора ПЕОМ стане можливим спостереження та фіксування миттєвих значень величин кута $\delta_{1,2}$ діючого режиму роботи ліній енергосистеми, відносно критичних його значень $-\delta_{кр}$ та $\delta_{ст}$, що характеризують параметри статичної стійкості.

На рис. 2 зображено спрощену енергосистему з двох генераторів, працюючих на загальне

навантаження, до якої підключено пристрої запропонованої системи телевиміру миттєвих значень величини кута $\delta_{1,2}$.

Згідно з рис. 2, структура системи телевиміру містить відповідні пристрої, розміщені вздовж усього тракту, тобто пристрій-1 та пристрій-2.

Пристрій-1, встановлений на першій станції, забезпечує можливість вияву та фіксації миттєвих значень величини кута $\delta_{1,1}$ між генератором $-(G-1)$ та шинами високої напруги лінії $-U_{Л1}$, пристрій-2 – вияв і фіксацію величин кута $\delta_{1,2}$ уздовж лінії до місця сумісного навантаження станцій $-(Zn)$, пристрій-2' – значення величин кута $\delta_{2,3}$ від вузла навантаження $-(Zn)$ до шин другої станції $-U_{Л3}$, а пристрої - 2" та 1' – значення вели-

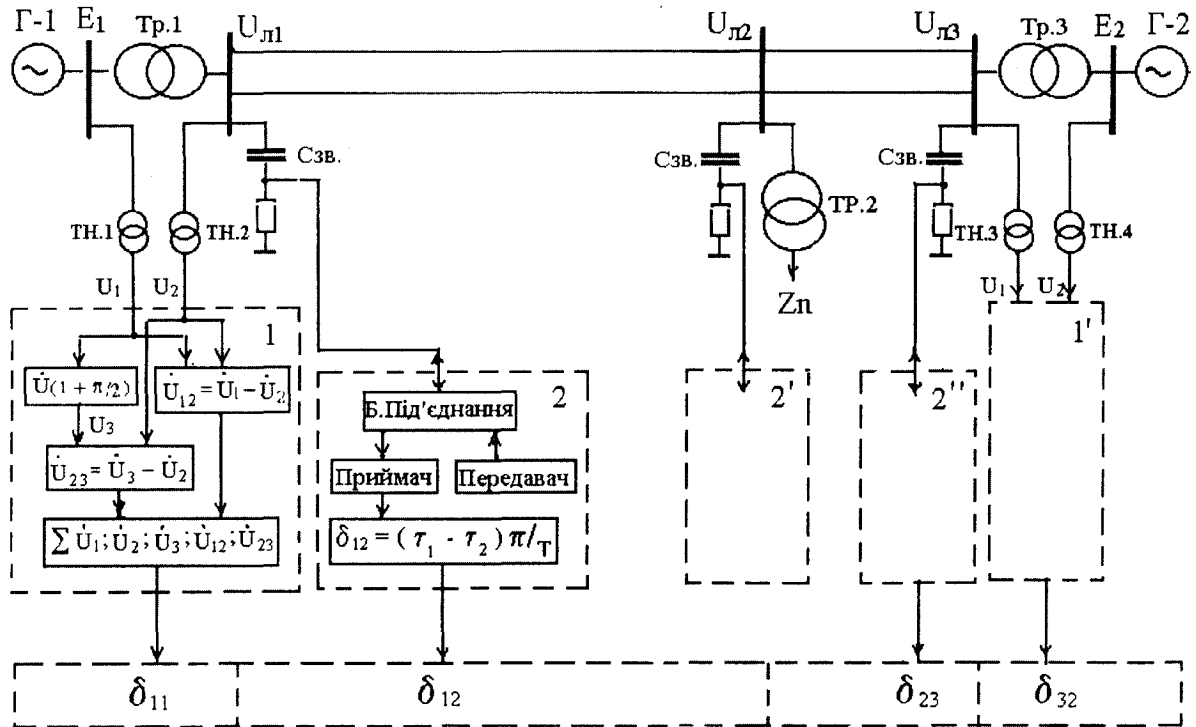


Рис. 2. Структура побудови запроваджені системи телевиміру та підключення її пристроїв до контрольованих вузлів енергосистеми

чин кута $\delta_{3,2}$ від шин лінії $-U_{L3}$ до генератора другої станції $(G-2)$. Визначення величини кута зсуву фази між напругами двох вузлів лінії енергосистеми $-U_{L1}$ і U_{L2} реалізується відповідними блоками пристрою-2 (рис. 2) і базується на формуванні в електричній мережі сигналів, синхронізованих з частотою її напруги, що є головною відмінною ознакою від сигналів усіх інших існуючих систем телевиміру [3]. Тобто в місці прийому формується опорний сигнал, момент утворення якого відповідає куту α' , відносно синусоїди напруги $-U_{L1}$, та інформаційного, сформованого у віддаленому вузлі енергосистеми, момент утворення якого також відповідає куту α , відносно синусоїди напруги $-U_{L2}$, як це зображено на рис. 3.

Телевимір зсуву фаз у місці прийому реалізується за миттєвим фіксованим значенням кута α та $\pi + \alpha$, відносно періоду частоти напруги, що відповідає величині тривалості інтервалу: $\tau_1 = (T/2 + \tau)$. Вияв із електричної мережі інформаційного сигналу та визначення величини другого інтервалу: $\tau_2 = (T/2 - \tau)$ - і забезпечує можливість визначення величини кута $\delta_{1,2}$:

$$\delta_{1,2} = (\tau_1 - \tau_2) \pi / T, \quad (5)$$

де T - період напруги електричної мережі; τ - часовий зсув, пропорційний визначеному зсуву фази.

Як було зазначено вище, за допомогою розглянутої системи телевиміру та існуючих розрахункових методів визначення критичних значень кута $\delta_{кр}$ і $\delta_{ст}$ створюється можливість надання більш об'єктивної оцінки поточному режиму роботи енергосистеми відносно її статичної стійкості.

Графічне відображення на моніторі диспетчера даних телевиміру миттєвих значень величин кута $\delta_{1,2}$, стосовно їх критичних значень $\delta_{кр}$ і $\delta_{ст}$, відповідно до змін величини потужності $-P_n$, що споживається, відповідають значенням нормального та передаварійного режимів роботи енергосистеми, що надає можливість спостерігати та контролювати поточний режим, стосовно його розрахункових і критичних значень. При цьому достатньо висока точність визначення величини кута $\delta_{1,2} - 0,2$ ел.град. даним способом дозволить забезпечити встановлення у пристроях протиаварійної автоматики відповідних установок за критичними значеннями величин кута $\delta_{відкл}$ для забезпечення відключення ліній за фактором перенавантаження, що на відміну від існуючих в енергосистемах (фантомних і високочастотних) методів визначення цих уставок, за розрахунковими значеннями величини потужності, зможе суттєво покращити ситуацію в енергосистемі з цього питання. Тобто така зміна установок сприятиме зменшенню вірогідності та кількості недоцільних відключень ліній за фактом перенаван-

таження та суттєвому збільшенню їх пропускної спроможності [4].

Сумісна робота пристроїв системи телевиміру (рис. 2) створює можливість надання операторам першої та другої станцій відображення кутових характеристик з відповідною фіксацією значень кута – $\delta_{\text{митт.знач.}}$, відносно величин потужностей, що транспортуються, як показано на рис. 4.

Таким чином, уможливлується графічне відображення процесів, що мають місце в роботі енергосистеми, які за допомогою сучасних систем телевиміру не можливо простежити.

З іншого боку, на прикладі рис. 5 показано, що фіксація в часі розрахункових і поточних значень кута $\delta_{1,2}$ надає можливість побудови традиційних графіків навантаження з відображенням співвідношення величини втрат до потужності, що передається: $\Delta S/P_n$. Тобто за допомогою наведеного графіка навантаження (рис. 5) надається оцінка поточного режиму роботи енергосистеми відносно його оптимальних параметрів. Досягнення мінімальних сумарних втрат на електростанціях енергосистеми є завданням оптимального розподілу їх потужностей.

Неврегульованість співвідношення величин реактивної й активної потужностей призводить до невиправданого збільшення втрат – ΔS , тому регулюючим моментом у питанні щодо оптимізації режиму роботи енергосистеми, як і в наведеному вище прикладі, може стати порівняння поточних і розрахункових характеристик потужності до відповідних значень кута $\delta_{1,2}$.

Так, на рис. 6 побудовано характеристики потужності – $S = \text{const}$ для розрахункових значень співвідношення величин – P до jQ , котрі співставлені до кутової характеристики генератора (або лінії). Фіксація на приведених

характеристиках – даних телевиміру миттєвих значень величин кута $\delta_{1,2}$ дозволяє отримати розрахункові (оптимальні) значення величин активної до реактивної потужності. Порівняння означених величин потужності до їх діючих (поточних) значень дає можливість визначити на приведених характеристиках діапазон для регулювання величини кута $\delta_{1,2}$, що забезпечить досягнення розрахункового (кращого) співвідношення цих потужностей.

Проведені дослідження показали, що:

– сучасні системи АСДУ надають велику кількість різноманітної інформації, переважно у цифровій формі;

– сприйняття об'ємної та одноманітної за своєю формою цифрової інформації суттєво ускладнює роботу персоналу, тому актуальності набуло питання застосування систем візуального відображення головних показників поточного режиму;

– використання даних телевиміру вузлових напруг $U_1 - U_n$ та кутів $\delta_{1,2} - \delta_{1,n}$ дозволяє перейти на спрощені алгоритми регулювання перетоків потужності між системоутворюючими підстанціями замість алгоритмів на основі балансів потужності в вузлах;

– застосування розглянутих у роботі нових технічних засобів, що забезпечують вияв та фіксацію миттєвих значень величини кутів $\delta_{1,2} - \delta_{1,n}$ між векторами вузлових напруг, дозволить графічно відобразити головні показники поточного режиму, що надалі зможе сприяти удосконаленню діючої автоматики зі зменшення вірогідності та кількості помилкових відключень ліній за фактором перенавантаження, збільшення їх пропускної спроможності та наочного відображення процесів з оптимізації поточного режиму.

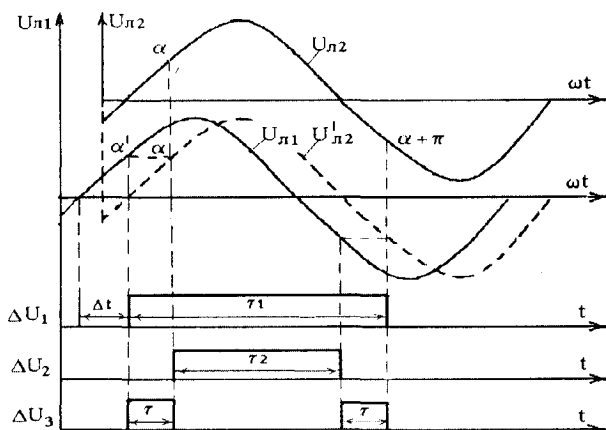


Рис. 3. Часова діаграма зсуву напруги вздовж лінії – U_1 і U_2 та спосіб його визначення

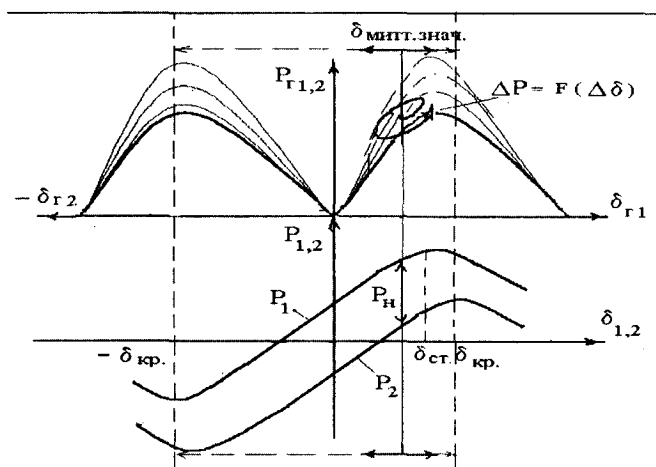


Рис. 4. Сумісне відображення кутових характеристик головних вузлів енергосистеми

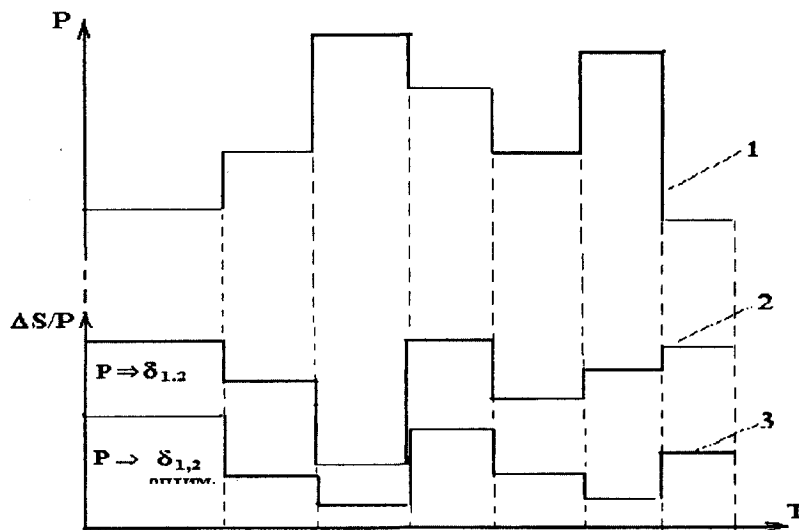


Рис. 5. Приклад відображення графіків: 1 – потужності, що транспортується лінією; 2 – відносних втрат потужності до діючого режиму; 3 – оптимального (розрахункового) значення відносних втрат потужності

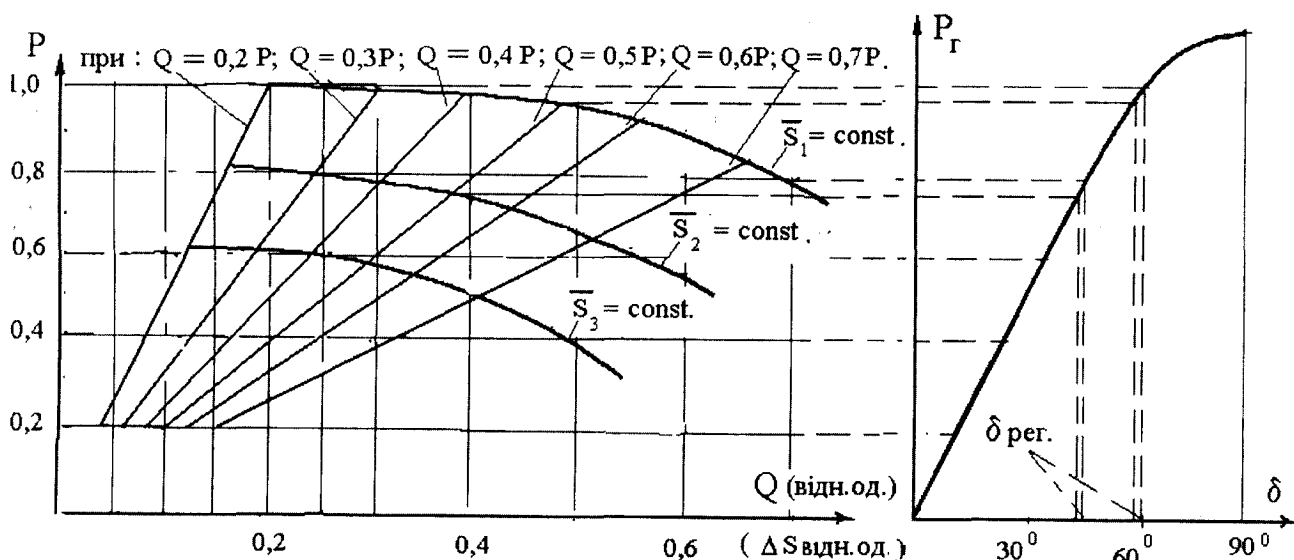


Рис. 6. Співставлення розрахункових характеристик потужності – $S = \text{const}$ до кутової характеристики генератора

1. А. Хетфельд, К. Фрідріх, Й. Фестерс. Актуальний стан мережі - оцінка з першого погляду // *Енергетика та ринок*. - 1998. - №3-4. - С. 38-41.

2. А.с. 1783452 СССР МКИ G01R 25/00. Способ определения угла сдвига фаз между напряжениями в двух узловых точках электрической сети / Ленчевский Е.А., Туваржиев В.К., Тонкаль В.Е., Холмский Д.В. - Б.И.- 1992. - №47.

3. Система телеизмерения угла сдвига фаз напряжений двух узловых точек энергосистемы / Туваржиев В.К., Ленчевский Е.А. // *Проблемы энергосбережения*. - 1994. - №2-3 - С.74-80.

4. Ю.Е.Гуревич, А.А.Окин, Э.А.Хачатрян. Устойчивость эксплуатируемых энергосистем и ее обеспечение. - М.: 1984. МЭиЭ СССР. - Учебное пособие. - 73 с.