

## СТВОРЕННЯ БАЗИ ЗНАТЬ НЕЧІТКОГО ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПЕРЕТОКІВ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

*В середовищі Matlab синтезовано нечіткий логічний контролер для прийняття рішень щодо оптимального генерування реактивної потужності за умови зниження втрат та отримання оптимального рівня напруг у споживачів. Для створення бази знань контролера була використана тестова схема IEEE-14 та виконано серію розрахунків її режимних параметрів в залежності від потужності генерації джерел розподіленої генерації.*

**Ключові слова:** нечіткий логічний контролер, реактивна потужність, розподілена генерація, Matlab.

Розвиток розподіленої генерації істотно ускладнює контроль якості режимних параметрів та статичної стійкості електричної мережі. Методи контролю, які застосовуються базуються на використанні математичної моделі режиму енергосистеми, що відображує топологію мережі, параметри всіх елементів і реалізуються в централізованих системах автоматичного та оперативного управління. Інтеграція в електричних мережах розподіленої генерації вносить додаткову невизначеність при розв'язанні задачі, істотно ускладнює системи управління, знижуючи тим самим економічний ефект від її використання. Виникає технологічний бар'єр на шляху розвитку розподіленої генерації, що актуалізує завдання розробки нових керуючих органів, що створять більш прийнятні умови для інтеграції розподіленої генерації в існуючі системи та мережі.

Проблема компенсації реактивної потужності завжди займала важливе місце в загальному комплексі питань підвищення ефективності передачі, розподілу та споживання електричної енергії. Оптимізація потоків реактивної енергії значною мірою зумовлює економію грошових і матеріальних ресурсів, а також підвищення якості енергопостачання.

На сьогодні приріст споживання реактивної потужності перевищує зростання споживання активної потужності (зумовлений розвитком електроприладів з нелінійними елементами). Проведення заходів щодо компенсації реактивної потужності дозволить знизити втрати електроенергії, збільшити пропускну здатність електричних мереж, а також матиме позитивний вплив на режим напруги.

Зменшення перетоків реактивної електроенергії за рахунок застосування засобів компенсації реактивної потужності (РП) дозволяє знизити в електричних мережах до 30% навантажувальних втрат електроенергії [1].

Відзначимо, що в умовах сьогодення створено достатня кількість алгоритмів і програм, доведених до практичної реалізації, що дозволяють виконувати оптимізацію РП окремих миттєвих режимів. Однак, отримання оптимального рішення для заданого тимчасового інтервалу зміни параметрів стану системи досить трудомістке і неефективне, оскільки включає в себе послідовну оптимізацію і аналіз кожного з характерних режимів, підсумовування їх економічних оцінок, внаслідок чого рішення задачі оптимального вибору РП громіздке.

Нечітке керування (Fuzzy Control) в даний час є однією з найперспективніших інтелектуальних технологій, що дозволяють створювати високоякісні системи керування. Метод теорії нечіткої логіки застосовує замість Булевої логіки експертні оцінки та використовує для формування рішення сукупність нечітких функцій належності і правил з декількома висновками, що дозволяють сформувати базу знань (БЗ) експертної системи. При цьому на основі експертних знань визначаються терм-множини параметрів, що формують функції належності всіх лінгвістичних змінних і алгоритми фази-модулів [2].

На основі нечіткої логіки розроблена система прийняття рішення щодо генерування реактивної потужності синхронного двигуна в залежності від потужності джерела розподіленої генерації (РГ) з метою оптимального розподілу РП в мережі.

Для формування бази знань та синтезу НЛК створена в пакеті програм Matlab (Simulink) імітаційна модель тестової схеми IEEE-14 (рис.1). Пакет прикладних програм Matlab дає можливість вирішувати широке коло математичних задач і містить у своєму складі програми Simulink [3] та Fuzzy [4], які дозволяють виконувати широкий спектр задач синтезу та моделювання систем з нечітким логічним контролером.

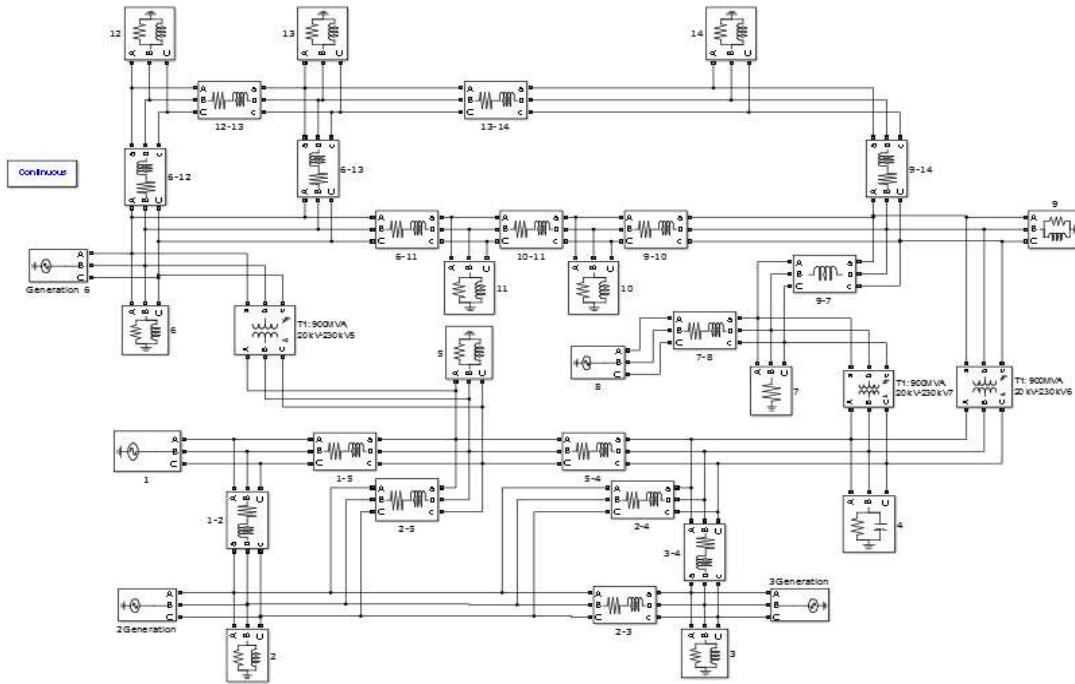


Рис. 1. Імітаційна модель тестової схеми IEEE-14

База знань НЛК має дві вхідні лінгвістичні змінні – потужність генерації G14 та потужності генерації G6. Кожна з них представлена сімома нечіткими змінними (G14-1÷G14-7) та (G6-1÷G6-7) відповідно, з трикутними функціями належності. Графічне представлення лінгвістичних змінних показано на рис.2. Вихідні лінгвістичні змінні SM6 та SM8 (реактивна потужність синхронних машин відповідно 6 та 8 вузлів) представлені шістьма нечіткими змінними, які описані трикутними функціями належності та відповідають потужності, яку генерують синхронні машини (рис.3)

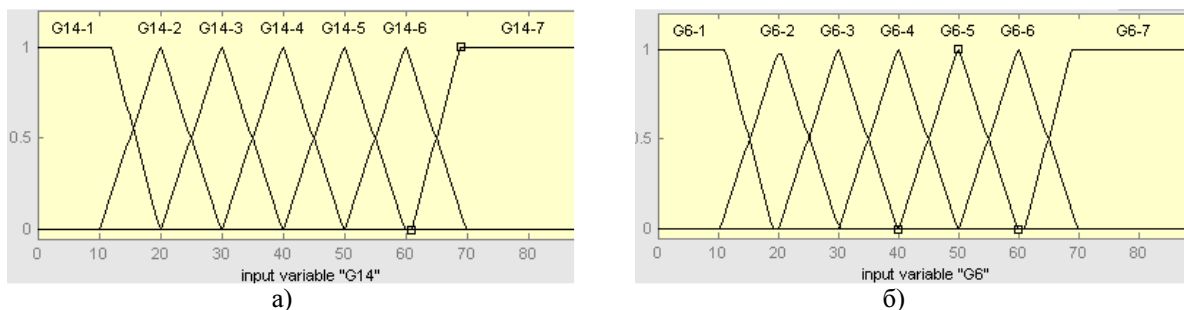


Рис.2 Розподіл функції належності лінгвістичної змінної потужності генерації:  
а) вузла №14 – G14; б) вузла №6 – G6

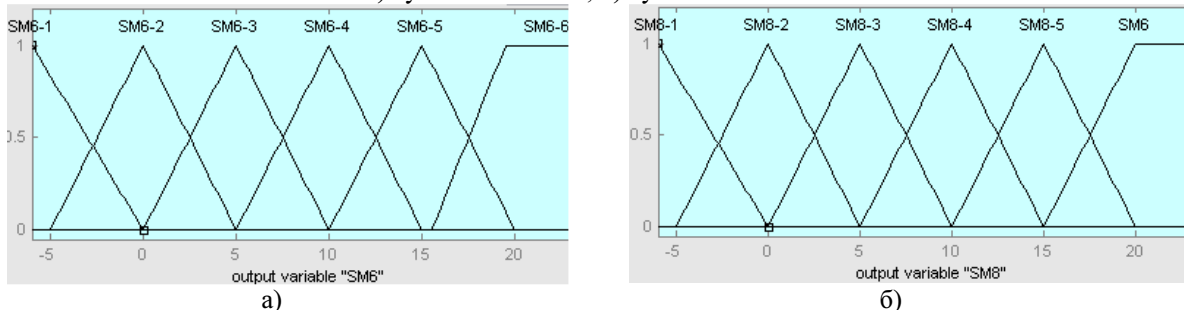


Рис.3 Розподіл функції належності лінгвістичної нечіткої змінної потужності синхронної машини:  
а) вузла №6 – SM6; б) вузла №8 – SM8

Для формування БЗ НЛК було виконано серію розрахунків режимних параметрів тестової мережі та встановлена залежність між потужністю генерації джерел РГ та генерацією реактивної потужності

синхронних машин за критерієм допустимого рівня напруги у вузлах енергосистеми, а також зменшення втрат потужності шляхом оптимального генерування реактивної потужності у вузлах №6 та №8.

Для реалізації заданих законів зміни потужності генерації створений сценарій автоматичного введення значення потужності джерел розподіленої генерації за допомогою формування m-файлу у програмному середовищі Matlab. Це дало змогу визначити залежності між потужністю генерації джерел РГ та реактивною потужністю, яку генерують синхронні машини мережі, на основі яких створені правила роботи нечіткого логічного контролера.

Створення мовних предикатів правил дозволило теоретично ідентифікувати зв'язок потужності РГ та оптимальної реактивної потужності синхронних машин засобами параметричної формалізації у вигляді природних мовних виразів та логічних висновків.

Створені правила використані для формування бази знань нечіткого логічного контролера при імітації його роботи в локальній енергосистемі на прикладі схеми IEEE-14 з покращеними техніко-економічними показниками.

#### Список літератури

1. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии / Ю.С.Железко. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 224 с.
2. Тарасов Д.М. Управление режимом напряжения территориально рассредоточенных электроприемников горных предприятий: дис.канд.тех.наук:05.09.03 / Д.М. Тарасов. – СПб., 2003. – 117с.
3. Дьяконов В.П. Simulink 4. Специальный справочник / В.П. Дьяконов. – СПб: Питер, 2002. – 528 с.
4. Дьяконов В.П. Математические пакеты расширения Matlab. Специальный справочник / В.П. Дьяконов, В.В. Круглов. - СПб.:Питер, 2001. – 480с.

V.V. Kyryk, O.S. Gubatyuk

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

#### CREATING A KNOWLEDGE BASE OF FUZZY LOGIC CONTROLLER FOR THE OPTIMIZATION OF THE REACTIVE POWER

*In the environment of Matlab was synthesized fuzzy logic controller for making decisions regarding optimal reactive power generation to reduce loses and to obtain optimum level of the consumer's voltage among. IEEE-14 test scheme was used to create controller knowledge base and performed a series of calculations of the operational parameters depending on the power generation of distributed generation sources.*

**Keywords:** fuzzy logic controller, reactive power, distributed generation, Matlab.

1. Zhelezko YU.S. Reactive power compensation and improve power quality / YU.S.ZHelezko. – М.: Energoatomizdat, 1985. – 224 s.
2. Tarasov D.M. Voltage control of the geographically dispersed electroreceivers mining enterprises: dis.kand.tekh.nauk:05.09.03 / D.M. Tarasov. – SPb., 2003. – 117s.
3. D'yakonov V.P. Simulink 4. Spetsial'nyy spravochnik / V.P. D'yakonov. – SPb: Piter, 2002. – 528 s.
4. D'yakonov V.P. Mathematical expansion packs Matlab. Spetsial'nyy spravochnik / V.P. D'yakonov, V.V. Kruglov. - SPb.:Piter, 2001. – 480s.

УДК 621.316

В.В. Кирик, д-р техн. наук, профессор; О.С. Губатюк

#### Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» СОЗДАНИЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕТОКОВ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

*В среде Matlab синтезирован нечеткий логический контроллер для принятия решений относительно оптимального генерирования реактивной мощности при условии снижения потерь и получения оптимального уровня напряжений у потребителей. Для создания базы знаний контроллера была использована тестовая схема IEEE-14 и произведена серия расчетов ее режимных параметров в зависимости от мощности генерации источников распределенной генерации.*

**Ключевые слова:** нечеткий логический контроллер, реактивная мощность, распределенная генерация, Matlab.

## МЕНЕДЖМЕНТ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ ЩОДО МІНІМІЗАЦІЇ РИЗИКУ ДІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ЛЮДИНУ В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ НАДВИСОКОЇ НАПРУГИ

*З метою удосконалення менеджменту електробезпеки в діючих електроустановках надвисокої напруги (НВН) та підвищення ефективності впровадження міжнародних стандартів OHSAS 18001:2007 «Системи менеджменту професійного здоров'я і безпеки – Вимоги», ISO 50001:2011 «Система енергетичного менеджменту – вимоги та керівництво щодо застосування» на підприємствах паливо-енергетичного комплексу України для мінімізації ризику виробничого травматизму та професійного захворювання від дії електричного поля промислової частоти (ЕП ПЧ), на основі використання методу матриці оцінювання ризику, пропонується апріорна оцінка показника групового професійного ризику захворювання електротехнічного персоналу, що обслуговує діючі електроустановки НВН. Запропонована матриця оцінювання ризику містить по вертикалі шість рівнів важкості наслідків дії електричного поля промислової частоти на людину за ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 та шість рівнів імовірності небезпечної події. Кожному рівню важкості наслідків уздовж вертикальної осі і кожному рівню імовірності уздовж горизонтальної осі присвоюються рангові оцінки, яким відповідають значення важкості наслідків і імовірності настання події згідно з описом певної ситуації (за сценарієм) і якісної характеристики частоти події. Запропонована матриця оцінювання ризику дозволяє передбачити черговість та час проведення заходів захисту від дії ЕП ПЧ щодо мінімізації ризику електротравматизму при виконанні технологічних робіт в діючих електроустановках НВН.*

**Ключові слова:** енергетика, електроустановка, енергія, електричне поле, менеджмент, ризик, електробезпека.

**Вступ.** Електроустановки надвисокої напруги промислової частоти (ПЧ) 330, 500, 750 кВ – це одна з основних складових об'єднаної енергосистеми України, вони забезпечують оптимальне навантаження електричних станцій, зменшення витрат енергії порівняно з мережами нижчої напруги.

Слід зазначити, що потужність сучасної повітряної лінії напругою 330 кВ складає 400 МВт, 500 кВ – 1000 МВт, 750 кВ – 2000 МВт. Потужності однієї лінії електропостачання 750 кВ вистачає для покриття навантаження сучасного промислового обласного центру. Відключення такої лінії може призвести як до значних матеріальних витрат, так і соціально-побутових труднощів [1].

На перспективу до 2030 року в об'єднаній енергосистемі України зберігається стратегія розвитку основних електричних мереж, згідно якої функції передачі і розподілу електричної енергії для забезпечення паралельної роботи з енергосистемами інших країн залишаються за мережами 330 і 750 кВ.

Відповідно до [2], споживання електроенергії в Україні по базовому сценарію прогнозується в 2030 р. в об'ємі 395,1 млрд. кВт-год., порівняно з 2005 р. (176,9 млрд. кВт-год.) воно збільшиться на 218,2 млрд. кВт-год. (123%). Найбільшим споживачем серед галузей економіки України залишатиметься промисловість, електроспоживання якої в 2030 р. оцінюється на рівні 169,8 млрд. кВт-год. (середньорічний приріст складатиме 2,4%). За цей період електроспоживання в сільському господарстві виросте майже в три рази (з 3,4 до 10,1 млрд. кВт-год.). Електроспоживання в будівництві за період з 2005 р. по 2030 р. виросте з 1,0 до 5,8 млрд. кВт-год., на транспорті з 9,2 до 12,9 млрд. кВт-год., в житлово-комунальному господарстві і побуті (з врахуванням електроопалювання) з 41,7 млрд. кВт-год. до 143,6 млрд. кВт-год.

Проте електроустановки НВН створили ряд додаткових проблем, серед яких однією з найважливіших є забезпечення електробезпеки при їх обслуговуванні і ремонті. Високий рівень напруженості електричного поля, необхідність виконання електромонтажних робіт на великій висоті і під напругою вимагають розробки і впровадження цілого ряду додаткових методів і засобів забезпечення безпечних умов праці: спеціальних технологій і режимів обслуговування поблизу і на струмоведучих частинах електроустановки, технологічного оснащення, ізоляційних матеріалів, екрануючих комплектів одягу, приладів контролю їх технічного стану та ін. [3].

Стан магістральних електричних мереж з року в рік погіршується, більша частина повітряних ліній електропередач НВН експлуатуються понад 40 років і потребують реконструкції, біля 76% основного устаткування трансформаторних електропідстанцій витратило свій розрахунковий технічний ресурс, що вимагає збільшення кількості проведення ремонтних робіт в електроустановках НВН і відповідно –