

## РЕГУЛЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГИ НУЛЬОВОЇ ТА ЗВОРотної ПОСЛІДОВНОСТІ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ 0,4 кВ

Панов А. О.

Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка, panovanton1994@gmail.com

Однією з актуальних проблем трифазних електричних мереж напругою 0,4 кВ є несиметрія напруг. Несиметрія напруг виражається у нерівності між собою модулів векторів фазних напруг і кутів зсуву між ними. З теоретичних основ електротехніки відомо, що несиметричну систему напруг можна уявити як геометричну суму трьох симетричних систем напруг: так званих складових прямої, зворотної і нульової послідовностей [1]. Складова прямої послідовності є шуканою, при додаванні до якої складових зворотної і нульової послідовностей виходить несиметрична система напруг. Основною ж причиною несиметрії напруг в сільських електричних мережах є поява складової нульової послідовності, наявність якої зумовлено протіканням струму в нульовому проводі, який, в свою чергу, виникає у разі нерівномірного навантаження фаз мережі – звичайному явищі в сільській місцевості. Несиметрія напруг є одним із показників, за яким оцінюють якість електричної енергії у трифазних електричних мережах напругою 0,4 кВ відповідно до ГОСТ 32144-2013 [2] і ДСТУ EN 50160 [3]. За цими нормами коефіцієнт несиметрії напруги для нульової послідовності не має перевищувати 4 %.

Тому метою дослідження є регулювання коефіцієнтів несиметрії напруги за зворотною та нульовою послідовностями, де для регулювання коефіцієнтів несиметрії напруги можна скористатися алгоритмом управління на основі нечіткої логіки [4].

Для точного перемикавання комутації необхідно змінити алгоритмічну складову системи керування комутацією. Для регулювання коефіцієнтів несиметрії напруги за зворотною і нульовою послідовностями можна скористатися алгоритмом управління на основі нечіткої логіки [4]. При цьому для моделювання системи раціонально застосувати *Fuzzy Logic Toolbox*, що входить в пакет *MATLAB*.

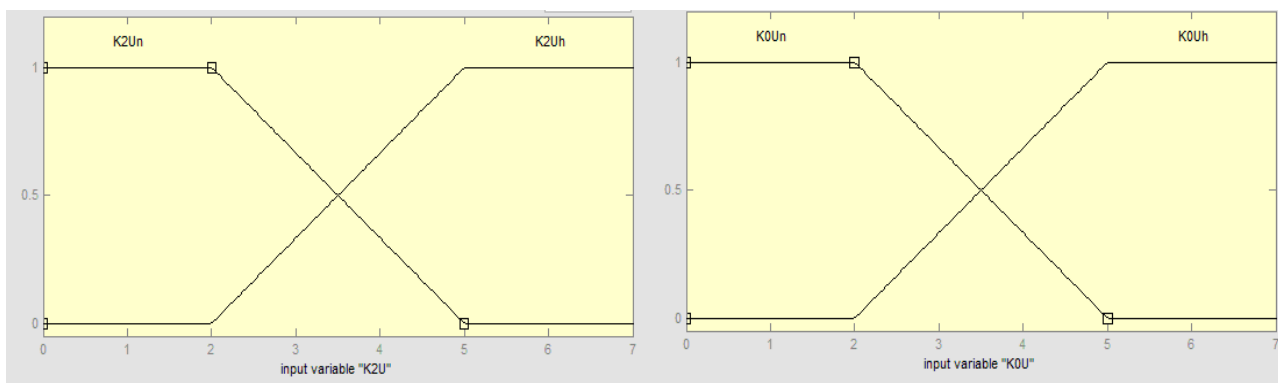
Слід зазначити, що функції приналежності термів-множин обрані відповідно до норм стандартів [2, 3] і виглядають наступним чином [4]:

$$\begin{aligned} \mu_{K_{2Un}} &= \max \left\{ 0, \min \left\{ 1, \frac{5-k}{3} \right\} \right\}; \quad \mu_{K_{0Un}} = \max \left\{ 0, \min \left\{ 1, \frac{5-k}{3} \right\} \right\}; \\ \mu_{K_{2Uh}} &= \max \left\{ 0, \min \left\{ 1, \frac{k-2}{3} \right\} \right\}; \quad \mu_{K_{0Uh}} = \max \left\{ 0, \min \left\{ 1, \frac{k-2}{3} \right\} \right\}. \end{aligned}$$

де  $k$  – коефіцієнт несиметрії;  $K_{2Un}$ ,  $K_{2Uh}$ ,  $K_{0Un}$ ,  $K_{0Uh}$  – функція приналежності показника коефіцієнта несиметрії напруги в нульовій і зворотній послідовності.

При цьому кожен із термів перших двох змінних оцінюються за шкалою коефіцієнта несиметрії від 0 % до 5 %.

Функція приналежності для термів вхідних змінних зображено на рисунку



Функція приналежності для термів вхідних змінних:

$K_{0Un}$ ,  $K_{0Uh}$  – функція приналежності показника коефіцієнта нормальної та високої несиметрії напруги в нульовій послідовності, а  $K_{2Un}$ ,  $K_{2Uh}$  – зворотної послідовності відповідно

Передбачається, що трансформаторна підстанція укомплектована пристроєм РПН і є можливість змінити комутацію споживача за фазами, тобто змінити навантаження на фазах в автоматичному режимі або вручну. Після задання правил нечіткого виведення отримуємо результат для конкретних значень вхідних змінних. Після зміни значень вхідних змінних розглядаються результати виконаних змін. Процес нечіткого моделювання передбачає аналіз результатів нечіткого виведення за різних значень вхідних змінних з метою встановлення адекватності розробленої нечіткої моделі. Тобто, зі зміною коефіцієнта несиметрії напруги зворотної або нульової послідовностей буде здійснюватися комутація. Асиметрія як за зворотною, так і за нульовою послідовностями вирішується однаково – перемиканням комутації споживачів між фазами.

Застосування алгоритму управління на основі нечіткої логіки дає можливість регулювати коефіцієнти несиметрії напруги за зворотною та нульовою послідовностями.

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. – Москва: Высшая школа, 1967. 776 с.

2. ГОСТ 32144–2013. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Взамен ГОСТ 13109–97; введ. 2014–07–01. Москва: Стандартинформ, 2014. 20 с.

3. ДСТУ EN 50160: 2014. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності (На заміну ДСТУ EN 20160: 2010 року), введ. 20.05.2014. Київ: Мінекономрозвиток України, 2014. 32 с.

4. Панов. А. О., Тимчук С. О. Нечеткий алгоритм регулирования коэффициентов несимметрии напряжения обратной и нулевой последовательности. *The 4th International scientific and practical conference "Perspectives of world science and education"*. Osaka, Japan: CPN Publishing Group, 2019. P. 670–679.