

ЗНИЖЕННЯ НЕСИМЕТРИЧНОСТІ РЕЖИМІВ У МЕРЕЖАХ 0,38/0,22 КВ МЕТОДОМ ЗАМИКАННЯ МЕРЕЖІ

Мірошник О. О.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Запропоновано спосіб зменшення несиметрії і втрат електроенергії в мережах 0,38/0,22 кВ за допомогою замикання двох ліній. Показані величини прямої та зворотної послідовностей напруги протягом літньої доби при з'єднанні ліній в кільце.

Постановка проблеми. Проблема покращення якості електричної енергії є актуальною особливо в електричних мережах напругою 0,38/0,22 кВ і нерозривно пов'язана зі зменшенням додаткових втрат електроенергії, що викликані несиметричним навантаженням фаз. Аналіз режимів роботи мереж напругою 0,38/0,22 кВ показав, що несиметрія струмів обумовлена комунально-побутовим навантаженням, основну частину якого складають нерівномірно розподілені по фазах однофазні електроприймачі, що мають, як правило, випадковий характер електроспоживання. Знання величин несиметрії струмів в мережі, дозволяє уточнити рівень втрат електроенергії і по можливості застосувати заходи щодо їх зниження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Численні дослідження режимів роботи замкнених мереж і, зокрема, ліній із двостороннім живленням виявили ряд істотних переваг таких схем електропостачання [1, 2]. Для несиметрично навантажених ліній 0,38/0,22 кВ найважливішими є зменшення величини втрат енергії внаслідок пофазного вирівнювання струмів на ділянках ліній після їхнього замикання, зменшення за інших рівних умов величини втрат і відхилень напруги, а також несиметрії струмів у порівнянні з аналогічними характеристиками в радіальних лініях, що замикаються в кільце, [3, 4].

Мета статті. Виконано порівняльний аналіз двох режимів роботи лінії в замкнутому і розімкнутому режимі.

Основні матеріали дослідження. Зменшення втрат потужності при замиканні двох ліній у кільце може бути виражене в такий спосіб:

$$\Delta P_{\Sigma \text{ум}} = \sum_1^3 \left\{ 2I_{\text{уп}} \left[R_1 \sum_{k=1}^n i_k - R_{n+2} i_{n+1} - R_{m+1} \sum_{k=(n+1)}^m i_k - I_{\text{уп}}^2 \sum_{k=1}^{m+1} R_k \right] \right\}, \quad (1)$$

де $I_{\text{уп}}$ – зрівняльний струм при замиканні ліній;

R_k – опір k -ї ділянки лінії;

i_k – струм навантаження в k -му пункті приєднання.

ня.

У квадратних дужках виразу (1) стоять величини активних складових падінь напруги в лініях. Оскільки коефіцієнт потужності навантаження в мережах

0,38/0,22 кВ високий і для більшості проводів $\frac{r}{x} \gg 1$ (наприклад, для АС-16 $r_0 \approx 5x_0$ для АС-25 $\sim 3x_0$), то без помітної похибки в подальшому аналізі активні складові падінь напруги можуть бути замінені їх повними значеннями.

Тоді

$$I_{\text{уп}} = \frac{\Delta U_I - \Delta U_{II}}{Z_{\Sigma}} = \frac{\delta U}{Z_{\Sigma}}, \quad (2)$$

де δU – різниця падінь напруги від центрів живлення I і II у місці замикання ліній,

Z_{Σ} – сумарний опір магістралей.

У такий спосіб вираз (1) може бути представлено у вигляді:

$$\Delta P_{\Sigma \text{ум}} = \sum_1^3 2 \frac{(\delta U)^2 R_{\Sigma}}{Z_{\Sigma}}. \quad (3)$$

Так само, як величини ΔU_I і ΔU_{II} , δU є випадковими величинами і можуть змінюватися від $\Delta U_{\text{мин}}$ до $\Delta U_{\text{макс}}$ в обидва боки (I або II).

Для випадку $\Delta U_{I \text{ макс}} = \Delta U_{II \text{ макс}}$ імовірність δU може бути знайдена з виразу:

$$p(\delta U) = 1 - \left(1 - \frac{\delta U}{\Delta U_{\text{макс}}} \right)^2, \quad (4)$$

а густина розподілу імовірностей відповідно:

$$f(\delta U) = \frac{2}{\Delta U_{\text{макс}}} \left(1 - \frac{\delta U}{\Delta U_{\text{макс}}} \right). \quad (5)$$

Функція розподілу напруг для δU наведена на рис. 1.

Математичне очікування δU :

$$M(\delta U) = \int_0^{\Delta U_{\text{макс}}} \frac{2}{\Delta U_{\text{макс}}} \left(1 - \frac{\delta U}{\Delta U_{\text{макс}}} \right) \delta U d(\delta U) =$$

$$= \frac{1}{3} \Delta U_{\text{макс}} \cdot \quad (6)$$

Отже, очікуване зменшення втрат електричної енергії за рік може бути отримане з:

$$\Delta A = \int_1^3 \frac{[M(\delta U)]^2}{Z_{\Sigma}} \left(2 - \frac{R_{\Sigma}}{Z_{\Sigma}} \right) \tau = \int_1^3 \frac{(\Delta U_{\text{макс}})^2}{9Z_{\Sigma}} \left(2 - \frac{R_{\Sigma}}{Z_{\Sigma}} \right) \tau \cdot \quad (7)$$

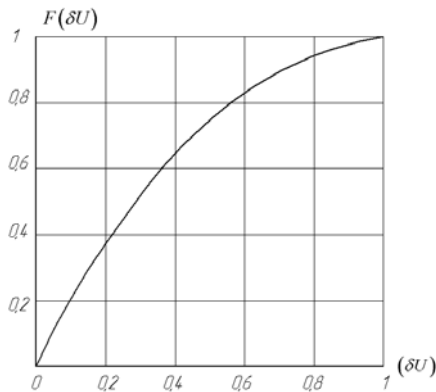


Рисунок 1 – Функція розподілу напруг для δU

Зниження несиметрії напруг уздовж ліній, як правило, супроводжується вирівнюванням напруг фаз на ділянках лінії при замиканні мережі. Результуюча несиметрія буде величиною випадковою, оскільки в кожній з ліній, що замикаються, величини та фази симетричних складових струмів і напруги також випадкові [5, 6].

Імовірність результуючої напруги зворотної (нульової) послідовності може бути визначена з виразу:

$$F(U_2) = p(U_2) = \frac{U_2^2}{U_{2\text{макс}}^2} \cdot \quad (8)$$

Математичне очікування напруги зворотної (нульової) послідовності дорівнює:

$$M(U_2) = \int_0^{U_{2\text{макс}}} 2 \frac{U_2^2}{U_{2\text{макс}}^2} dU_2 = \frac{2}{3} U_{2\text{макс}} \cdot \quad (9)$$

З отриманого виразу видно, що величина математичного очікування напруги зворотної (нульової) послідовності в режимі замикання мережі на 33% менше максимальної, що спостерігається в радіальних лініях, що замикаються [7, 8].

Експериментальна перевірка ефекту зниження несиметрії при замиканні ліній була проведена в електричних мережах Харківського РЕМ.

Магістральні лінії з відгалуженнями із силовим і освітлювальним навантаженням по черзі працювали по радіальній і замкненій схемам. Протягом доби ви-

мірювалися величини фазних і лінійних напруг на початку та середині ліній, а також у місці їх замикання.

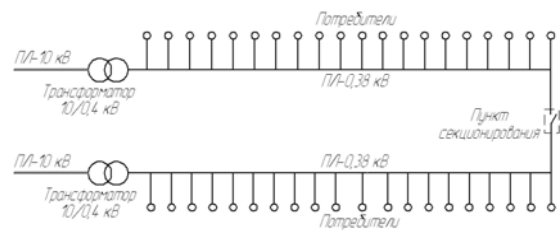


Рисунок 2 – Мережа напругою 0,38/0,22 кВ із пунктом секціонування

Після кожного циклу вимірювань у радіальному режимі лінії з'єднувалися в кільце на спеціально обладнаному пункті та вимірювання повторювалися. Це забезпечувало одержання даних в обох режимах практично в той самий час. Досвід проводився багаторазово, результати вимірювань оброблялися методами математичної статистики. На рис. 3 і рис. 4 показані зміни напруг прямої і зворотної послідовностей протягом літньої доби.

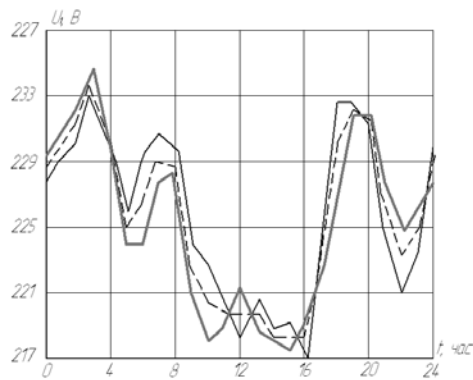


Рисунок 3 – Напруга прямої послідовностей протягом літньої доби

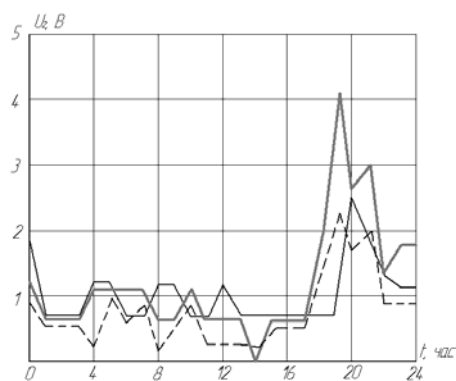


Рисунок 4 – Напруга зворотної послідовностей протягом літньої доби

З метою перевірки отриманих теоретичних співвідношень для оцінки ефекту симетрування при замиканні мережі на підставі даних експериментів побудована гістограма (рис. 5) відношення напруги зворотної послідовності в пункті з'єднання ліній у режимі

замкненої мережі до найбільшої величини напруги зворотної послідовності, що мала місце в одній із двох ліній, що замикаються, до їхнього з'єднання.

Функція розподілу імовірностей співвідношень

$\frac{U_2}{U_{2, \max}}$ показана на рис. 6. Залежності для напруги

нульової послідовності мають аналогічний характер. Як можна бачити, експериментальна та теоретична залежності близькі.

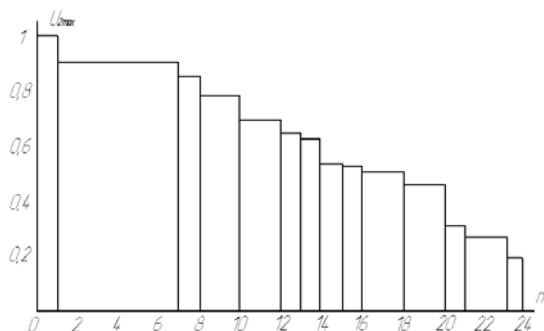


Рисунок 5 – Гістограма відношення напруги зворотної послідовності в пункті з'єднання ліній у режимі замкненої мережі до найбільшої величини напруги зворотної послідовності, що мала місце в одній із двох ліній, що замикаються, до їх з'єднання

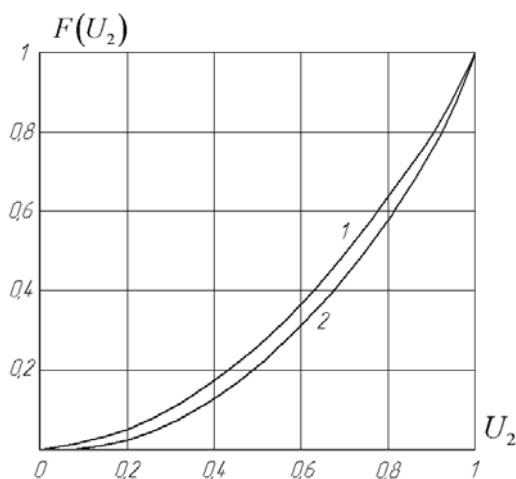


Рисунок 6 – Функція розподілу імовірностей

співвідношень $\frac{U_2}{U_{2, \max}}$

1 – експериментальна; 2 – теоретична

Висновки. При переході в режим замкненої мережі, можна чекати зниження несиметрії напруг на 33% по відношенню до найбільшої, що спостерігалася в радіальних лініях, які з'єднуються в кільце.

Список використаних джерел

1. Летунович Ю. Е. Стационарное распределение в замкнутых неоднородных сетях с многорежимным обслуживанием / Ю. Е. Летунович // Теория вероятностей, математическая статистика и их приложения: сб. научн. ст. (материалы Междунар. конф. посвящ. 75-

летию проф. д-ра физ.-мат. наук Г. А. Медведева, Минск, 22-25 февр. 2010 г.) – Минск: РИВШ, 2010. – С. 207-210.

2. Tsitsiashvili G., Osipova M., "Queueing models with different schemes of customers transformations", Proc. Int. Conf. "Mathematical Methods for Increasing Efficiency of Information Telecommunication Networks" (BWWQT – 2007), Queues: flows, systems, networks, 19, Grodno, 2007, 243–246.

3. Ангелов Д. Д. Исследование несимметрии в воздушных электросетях 0,38/0,22 кВ и пути ее ограничения: Автореф. дис. канд. техн. наук. - София, 1980. – 24 с.

4. Старовойтов А. Н. Инвариантность стационарного распределения состояний сетей с многорежимными стратегиями обслуживания / А. Н. Старовойтов // Проблемы передачи информации. – 2006, С. 121–128.

5. Gordon W. J., Newell G. F., "Closed queueing networks with exponential servers", Oper. Res., 15 (1967), 252–267.

6. Воротницкий В. Э. Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях / В. Э. Воротницкий, М. А. Калинкина, Е. В. Комкова, В. И. Пятигор // Энергосбережение. – №2, 2005. – С. 90–95.

7. Мирошник А. А. Методы вычисления потерь мощности в элементах несимметрично нагруженной сети / А. А. Мирошник // Научно-практический журнал "Электротехника і електромеханіка", 2011/5. – С. 66 – 69.

8. Мирошник А. А. Снижение сопротивления нулевой последовательности в четырехпроводных сетях 0,38/0,22 кВ / А. А. Мирошник, Ю. Ф. Свергун // Научный журнал "Энергетика і автоматика", 2012. – №2 – С. 17–22.

Аннотация

СНИЖЕНИЕ НЕСИММЕТРИЧНОСТИ РЕЖИМОВ В СЕТЯХ 0,38/0,22 КВ МЕТОДОМ ЗАМЫКАНИЯ СЕТИ

Мирошник А. А.

Предложен способ уменьшения несимметрии и потерь электроэнергии в сетях 0,38/0,22 кВ с помощью замыкания двух линий. Показаны величины прямой и обратной последовательностей напряжения в течение летней суток при соединении линии в кольцо.

Abstract

REDUCTION IN SINGLE-ENDED MODE NETWORKS 0.38 / 0.22 KV NETWORK BY CIRCUIT

O. Miroshnyk

A method for reducing asymmetry and power transmission losses of 0.38 / 0.22 kV circuit via two lines. Showing the value of the forward and reverse voltage sequences for the summer days when connecting the line to the ring.