

Турдуев Ильяз Эрмекович - к.т.н., доцент,
Абдыразакова Сырга Бекиевна - преподаватель,
Ошский технологический университет
ilyaz_turduev@mail.ru

КОНДЕНСАТОРНОЕ ШУНТО-СИММЕТРИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

Рассмотрен вопрос связанные с разработкой опытных образцов конденсаторных шунто-симметрирующих устройств и их влиянием на показатели несимметрии токов и напряжений в сети 0,38 кВ.

Ключевые слова: конденсаторное шунто-симметрирующее устройство, ток, мощность, сопротивление, нагрузка, потеря, фаза, напряжение, электроэнергия.

Ilyaz Erdukovich Turduev - Ph.D., associate professor,
Abdyrazakova Syrga Bekievna - lecturer,
Osh Technological University

SHUNT-BALANCING CAPACITOR DEVICE

In this article was considered the question connected with the development of prototypes of capacitor shunt-balancing devices and their influence on the asymmetry indicators of currents and voltages in the network 0.38 kV.

Key words: capacitor shunt-balancing device, current, power, resistance, load, loss, phase, voltage, electric power.

Турдуев Ильяз Эрмекович – т.и.к., доцент,
Абдыразакова Сырга Бекиевна - окутуучу,
Ош технологиялык университети

КОНДЕНСАТОРДУК ШУНТТУК-СИММЕТРИЯЛЫК ТҮЗҮЛҮШТӨР

Тажрыйбалык үлгүлөрдөгү конденсатордук шунттук-симметриялык түзүлүштөрдү иштеп чыгууда, 0,38 кВ түйүндөгү электр тогуна жана чыңалууга тийгизген таасири каралган

Негизги сөздөр: конденсатордук шунттук-симметриялык түзүлүштөр, ток, кубаттуулук, каршылык, жүктөмү, жоготуу, фаза, чыңалуу, электр энергиясы.

Введение. Решение задач энергоснабжения и улучшения качества электрической энергии в низковольтных сетях 0,38 кВ тесно связано с проблемой снижения не симметрии токов в этих сетях. Поэтому актуальным и своевременным является рассмотрение вопросов, связанных с проблемой снижения не симметрии токов в сетях 0,38 кВ и подготовкой практических рекомендаций по эффективности использования МСП.

Актуальность темы и цели работы. Сделан тщательный анализ с помощью шунто-симметрирующих устройств, как конденсаторное шунто-симметрирующее устройство (КШСУ). Который позволяет одновременно снижать не симметрию токов в сети и компенсировать реактивную мощность токов прямой последовательности, т.е. уменьшать потери электроэнергии, обусловленные несимметрией токов и передачей реактивной мощности.

Материалы и методы исследования. Предложен оригинальный подход к решению вопроса способа и технических средств снижения потерь электрической энергии. Обусловленных несимметрией токов в сетях 0,38 кВ со смешанной нагрузкой, технических средств для снижения потерь мощности в электрической энергии, обусловленных несимметрией токов в сетях 0,38 кВ со смешанной нагрузкой.

Технические средства для снижения потерь мощности в электрической энергии, обусловленных не симметрией токов в сетях 0,38 кВ со смешанной нагрузкой наиболее целесообразно применить шунтно-симметрирующее устройство с мощностью сопротивления нулевой последовательности, установлением в узле нагрузки. К таким шунтно-симметрирующим устройствам относится конденсаторное шунтно-симметрирующее устройство (КШСУ). Которое позволяет одновременно снижать не симметрию токов в сети и компенсировать реактивную мощность токов прямой последовательности, т.е. уменьшать потери электроэнергии, обусловленные несимметрией токов и передачей реактивной мощности.

Для проведения теоретических исследований дополнительных потерь мощности и показателей несимметрии токов и напряжений в сети 0,38 кВ произведем расчет шунтно-симметрирующего устройство с целью определения его параметров, т.е. его комплексных проводимостей прямой \underline{Y}_{cy1} , обратной \underline{Y}_{cy2} и нулевой \underline{Y}_{cy1} последовательностей.

Конденсаторное шунтно-симметрирующее устройство (КШСУ) выполнено на индуктивно-емкостных элементах. Оно состоит из трех конденсаторных батарей равной мощности с сопротивлением X_c , которые соединяются между собой по схеме четырехлучевой звезды (рис.1).

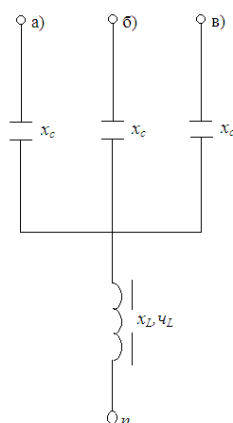


Рис. 1. Схемы конденсаторного устройства

Мощность конденсаторных батарей выбирается из условия конденсации реактивной мощности токов прямой последовательности.

Параметры конденсаторного шунтно-симметрирующего устройства (КШСУ) определяются из условия /112/.

$$3x_L = x_c \quad (1)$$

Мощность емкостных элементов определим из условия компенсации реактивной мощности одного фидера средней мощностью т.е.

$$Q_c = S_{\phi} = (\sin \varphi_n - \sin \varphi_k) \quad (2)$$

где $\sin \varphi_n$ и $\sin \varphi_k$ – значение синуса углов сдвига фаз, соответствующие начальному и конечному значениям коэффициента мощности в сети. Для сетей со смешанной нагрузкой, в соответствии с:

$$\cos \varphi_k = 0,95; \quad \cos \varphi_n = 0,8$$

им соответствуют значения

$$\sin \varphi_{\kappa} = 0,312; \quad \sin \varphi_{\text{н}} = 0,8$$

По формуле (2) имеем:

$$Q_c = 40 \cdot (0,6 - 0,312) = 11,5 \text{ кВар}$$

Мощность одной батареи конденсаторов

$$Q_{c1} = Q_c / 3 = 3,83 \text{ кВар}$$

Мощность индуктивного элемента

$$Q_L = U_L \cdot I_0 = 3X_L \cdot I_0^2 \quad (3)$$

где U_L – напряжение на индуктивном элементе;

I_0 – ток нулевой последовательности.

Сопротивление конденсаторной батареи

$$X_c = \frac{U_{\phi}^2}{Q_{c1}} = \frac{220^2}{3,83 \cdot 10^3} = 12,637 \text{ Ом}$$

Величину X_L находим из условия (1):

$$X_L = X_c / 3 = 4,212 \text{ Ом}$$

Ток нулевой последовательности может быть определен по коэффициенту неуравновешенности токов. Исследованиями установлено что $I_{0*} = K_i / 2$, где I_{0*} – относительная величина тока нулевой последовательности в сети. Следовательно, при максимальном значении $K_i = 0,6$, имеющее место в сельских сетях с коммунально-бытовой нагрузкой:

$$I_0 = \frac{K_i \cdot I_{\text{ном}}}{2} = \frac{K_i \cdot S_{\phi}}{2 \cdot 3U_{\phi}} = \frac{0,6 \cdot 40 \cdot 10^3}{6 \cdot 220} = 18,18 \text{ А} \quad (3)$$

где $I_{\text{ном}} = S_{\phi} / 3U_{\phi} = 40 \cdot 10 / 3 \cdot 220 = 60,61$ А – номинальный ток шунтно-симметрирующего устройства.

Тогда:

$$Q_{L \text{ max}} = 3x_L \cdot I_0^2_{\text{ max}} = 3 \cdot 4,212 \cdot 18,18^2 = 4,176 \text{ кВар}$$

Суммарная установленная мощность реактивных элементов

$$S_y = 3Q_{c1} + Q_{L \text{ max}} = 11,5 + 4,176 = 15,676 \text{ кВар}$$

Удельные потери в конденсаторах, согласно /45/:

$$P_C = 0,004 \text{ кВт / кВар}$$

Удельные потери в катушке индуктивности обратно пропорциональны ее добротности /45/, т.е. $P_L = q^{-1}$.

Доказывается, что для данной схемы шунтно-симметрирующего устройства находятся из условия:

$$q \geq 10,93 \cdot 10 \cdot 10 \cdot Q_c^{-1}$$

отсюда $q \geq 10,93 \cdot 10 \cdot 18,18 \cdot (11,5) = 17,27$.

Принимая $q = 18$, находим $P_L = 18^{-1} = 0,0556$

Потери мощности в катушке индуктивности:

$$P_L = p_L = Q_{L \text{ max}} = 0,0556 \cdot 4,176 = 0,232 \text{ кВт}$$

Активное сопротивление катушки:

$$r_i = \frac{P_L}{I_0^2} = \frac{0,232 \cdot 10^3}{18,18^2} = 0,702 \text{ Ом}$$

Комплексное сопротивление нулевой последовательности конденсаторного шунтно-симметрирующего устройства (КШСУ):

$$\underline{z}_{cy0} = \underline{z}_c + 3\underline{z}_L = x_c \cdot e^{-j90^\circ} + 3(r_i - jx_L) = -jx_c + 3r_L + j3x_L = -j3x_L + 3r_L + j3x_L = 3r_L =$$

$$= 2,106 \text{ Ом.}$$

Комплексное сопротивление прямой обратной последовательности КШСУ:

$$\underline{z}_{cy1} = \underline{z}_{cy2} = x_c \cdot e^{-j90^\circ} = 12,637 e^{-j90^\circ} \text{ Ом.}$$

Определяем комплексные проводимости прямой \underline{Y}_{cy1} , обратной \underline{Y}_{cy2} и нулевой \underline{Y}_{cy0} последовательностей конденсаторного шунтно-симметрирующего устройства (КШСУ):

$$\underline{Y}_{cy1} = \underline{Y}_{cy2} = \frac{1}{\underline{z}_{cy1}} = 0,0791 e^{j90^\circ} \text{ Сим.}$$

$$\underline{Y}_{cy0} = \frac{1}{\underline{z}_{cy0}} = 0,475 \text{ Сим}$$

Вывод. Для снижения потерь мощности и показателей не симметрии токов и напряжений в сети 0,38 кВ наиболее эффективным средством является включение шунтно-симметрирующих устройств. В сети 0,38 кВ со смешанной нагрузкой наиболее целесообразно применение конденсаторного шунтно-симметрирующего устройства (КШСУ), которое позволяет снизить потери электрической энергии, обусловленные как несимметрией токов, так и передачей реактивной мощности.

Включение в сеть шунтно-симметрирующих устройств приводит к изменению коэффициента потерь мощности, по сравнению с сетью без шунтно-симметрирующих устройств при изменении мощности несимметричной нагрузки в диапазоне от 0,1 до 1,0 и P_s : при включении ШСУ на шины трансформатора K_p увеличивается в 1,03...1,16 раза; при включении ШСУ в узел нагрузки K_p уменьшается в 2,26...1,35 раза.

Литература:

1. **Баркан Я.Д.** Несимметрия в сетях низкого напряжения. [Текст] / Электричество. - 1970.-№3. С.78-81.
2. **Ермаков, Ю. А.** Обзор работы некоторых симметрирующих устройств для сельских сетей. [Текст]//Электрификация сельскохозяйственного производства: Сб. науч. тр. - Вып. 15. - Саратов: 1972. С.18-21.
3. **Луковников А.В.** Использование электроэнергии в сельском хозяйстве и электроснабжение сельскохозяйственных районов. [Текст]//Сб. науч. тр. Науч. ред.: МИИСП. - М. 1984. С.112.
4. **Косоухов, Ф.Д.** Анализ схемы трансформаторного симметрирующего устройства с ёмкостными элементами. [Текст]//- Изд. Вузов, электромеханика, 1981, №2. С.193-199.
5. **Косоухов, Ф.Д.** Способы и средства для снижения потерь электроэнергии, обусловленных несимметрией токов в сельских распределительных сетях 0,38 кВ. [Текст] /А. Кулагин, И.В. Наумов// Сборник научных трудов ЛСХИ, 1987. С.49-52.
6. **Косоухов Ф.Д.** Методы расчёта и анализа показателей несимметрии токов и напряжений в сельских распределительных сетях. [Текст]//Учебное пособие. В сб. науч. тр. ЛСХИ, 1984. С.42.
7. **Турдуев И.Э.** Анализ потерь мощности, токов, показателей несимметрии токов и напряжений в сети 0,38 кВ с шунтно-симметрирующим устройством [Текст] // Вестник КНАУ. Бишкек, 2018, №2(47). С. 384-387.