

При $L = 80$ км: $k_{\delta} = 0,76$; $k_p = 1,73$.

При $L = 120$ км: $k_{\delta} = 0,76$; $k_p = 1,71$.

При $L = 160$ км: $k_{\delta} = 0,76$; $k_p = 1,69$.

При $L = 200$ км: $k_{\delta} = 0,76$; $k_p = 1,67$.

При $L = 300$ км: $k_{\delta} = 0,75$; $k_p = 1,63$.

При $L = 400$ км: $k_{\delta} = 0,75$; $k_p = 1,59$.

При $L = 500$ км: $k_{\delta} = 0,74$; $k_p = 1,55$.

При $L = 600$ км: $k_{\delta} = 0,74$; $k_p = 1,52$.

При изменении L установлено, что при увеличении ее от 80 до 200 км с шагом 40 км коэффициент запаса статической устойчивости по углу практически не изменяется, поэтому, начиная с 200 км до 600 км был принят шаг 100 км. Коэффициент запаса статической устойчивости по углу уменьшается с 0,76 до 0,74, а коэффициент запаса статической устойчивости по мощности – с 1,73 до 1,52. Запас статической устойчивости по мощности при увеличении L сокращается в среднем на 2,07 %.

Л и т е р а т у р а

1. Евминов, Л. И. Электромагнитные переходные процессы в системах электроснабжения: пособие для практических занятий по одноименному курсу для студентов энергетических специальностей дневной и заочной форм обучения / Л. И. Евминов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 304 с.
2. Калентионюк, Е. В. Устойчивость электроэнергетических систем / Е. В. Калентионюк. – Минск : Техноперспектива, 2008. – 375 с.
3. Руководящие указания по устойчивости систем. – Минск : Белэнерго, 2005. – 19 с.
4. Голованов, И. Г. Переходные процессы в ЭЭС. Часть 2: Электромеханические переходные процессы : метод. указания по практическим занятиям и самостоятельной работе студентов / И. Г. Голованов. – Ангарск, 2014. – 90 с.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА РЕЖИМОВ ТРЕХФАЗНОЙ НИЗКОВОЛЬТНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

М. Г. Гончаров

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Д. И. Зализный

Рассмотрены особенности расчета режимов трехфазной низковольтной электрической сети при несимметричных нагрузках. Алгоритм реализован в программе Mathcad для простейшей схемы. Предложено оценивать степень несимметричности нагрузки по методу симметричных составляющих. Получены зависимости потерь напряжения и мощности в сети в зависимости от степени несимметричности нагрузки.

Ключевые слова: трехфазный, электрическая сеть, проводимость, коэффициент, несимметрия, нагрузка.

Электрические сети жилых и общественных зданий отличаются от электрических сетей в промышленности тем, что почти вся нагрузка этих сетей состоит из однофазных электроприемников, непостоянный режим работы которых приводит к несимметричному режиму работы сети.

Подавляющее большинство компьютерных программ для расчета параметров электрических сетей ориентировано на симметричные трехфазные цепи, т. е. расчеты выполняются фактически как для однофазных цепей, что не учитывает влияние несимметричности нагрузок на расчетные параметры сети. Это актуально для низковольтных систем электроснабжения в общественных и административных зданиях, а также для бытовых потребителей.

Цель данного исследования – проанализировать изменение величины максимальных потерь напряжения в ЛЭП и минимального напряжения на потребителе при различных коэффициентах загрузки трансформатора и коэффициентах несимметрии нагрузки.

Рассмотрим порядок расчета коэффициента несимметрии.

Коэффициент несимметрии нагрузки представляет собой частное модулей проводимостей обратной и прямой последовательностей:

$$K_{нс} = \frac{Y_{обр.посл.}}{Y_{прям.посл.}}. \quad (1)$$

Прямая последовательность проводимости цепи представляет собой сумму разностей проводимостей фаз A и B и фаз B и C , при этом последняя разность должна быть повернута на 120° против часовой стрелки:

$$Y_{прям.посл.} = \left| (Y_1 - Y_2 \cdot e^{-j120^\circ}) + (Y_2 \cdot e^{-j120^\circ} - Y_3 \cdot e^{+j120^\circ}) e^{+j120^\circ} \right|. \quad (2)$$

Обратная проводимость цепи рассчитывается аналогично, только вторая разность поворачивается на 60° по часовой стрелке:

$$Y_{обр.посл.} = \left| (Y_1 - Y_2 \cdot e^{-j120^\circ}) + (Y_2 \cdot e^{-j120^\circ} - Y_3 \cdot e^{+j120^\circ}) e^{-j120^\circ} \right|. \quad (3)$$

Коэффициент несимметрии варьируется в пределах от нуля при симметричной нагрузке до единицы при наличии нагрузки только в одной из фаз.

В качестве примера рассмотрим простейшую трехфазную сеть с одним трехфазным электроприемником. Алгоритмы ее расчета приведены в [1].

Изменяя нагрузку на одной фазе потребителя, для разных коэффициентов несимметрии нагрузки и коэффициентов загрузки трансформатора K_3 , приблизительно равных 1, 0,5 и 0,1 при симметричной нагрузке, будем определять значения максимальных потерь напряжения в ЛЭП $\delta U_{\max}$, минимального напряжения на потребителе $U_{\min}$ и максимальных потерь мощности в сети $\delta U_{\text{сети}}$. Графики полученных зависимостей показаны на рис. 1–3.

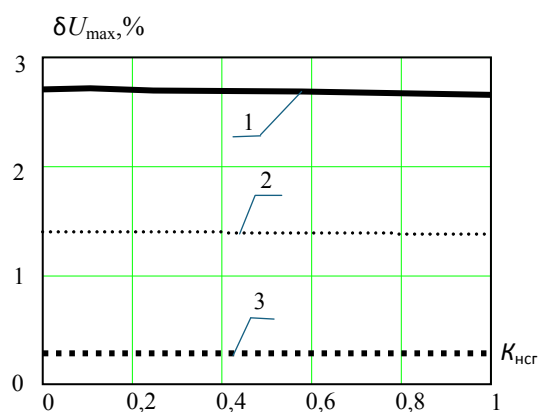


Рис. 1. График зависимости максимальных потерь напряжения в ЛЭП от коэффициента несимметрии нагрузки:
 1 – $K_3 = 1$; 2 – $K_3 = 0,5$; 3 – $K_3 = 0,5$

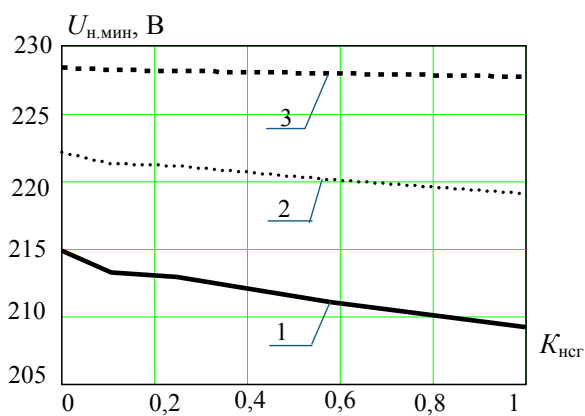


Рис. 2. График зависимости минимального напряжения на потребителе от коэффициента несимметрии нагрузки:
 1 – $K_3 = 1$; 2 – $K_3 = 0,5$; 3 – $K_3 = 0,5$

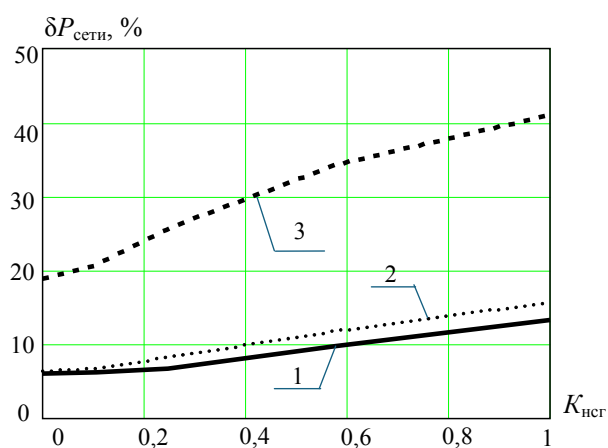


Рис. 3. График зависимости потерь мощности в сети от коэффициента несимметрии нагрузки:
 1 – $K_3 = 1$; 2 – $K_3 = 0,5$; 3 – $K_3 = 0,5$

Как видно из полученных графиков на рис. 1–3, максимальные потери напряжения в ЛЭП прямо пропорциональны значению коэффициента загрузки трансформатора, минимальное напряжение на потребителе значительно уменьшается при несимметричной нагрузке, но остается в пределах допустимых значений. Потери мощности с увеличением несимметрии в сети возрастают более чем в 2 раза, а при низкой нагрузке трансформатора значение потерь делает питание электроприемников экономически неэффективным.

Предложенный способ оценки параметров несимметричных трехфазных сетей может быть использован на этапе их проектирования с целью оценки их технико-экономических показателей.

Л и т е р а т у р а

1. Гончаров, М. Г. Применение матричного метода узловых потенциалов для расчета низковольтных трехфазных электрических сетей / М. Г. Гончаров, Д. И. Зализный // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XXIV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 25–26 апр. 2024 г. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т : под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2024. – С. 171–172.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИНИЙ НОМИНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ 20 КВ

А. А. Харкевич

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель П. В. Лычев

Проведено сравнение линий электропередачи 10, 20 и 35 кВ по техническим и экономическим показателям. На основе расчетов предельной длины, передаваемой мощности и капитальных затрат обоснована целесообразность внедрения линий 20 кВ в распределительные сети Республики Беларусь. Показано, что линии 20 кВ, выполненные проводом СИП-3, обеспечивают снижение потерь ΔW на 30–50 % по сравнению с 10 кВ при умеренных капитальных затратах. Приведены примеры успешного применения 20 кВ в энергосистеме Беларуси.

Ключевые слова: распределительные сети, линии 20 кВ, ВЛ, потери электроэнергии, экономическая эффективность.

Современные тенденции развития электроэнергетики Республики Беларусь требуют поиска оптимальных решений для модернизации распределительных сетей среднего напряжения. Традиционно используемые линии 10 кВ во многих случаях не удовлетворяют растущим требованиям по пропускной способности и энергоэффективности, в то время как линии 35 кВ остаются малоперспективными.

В этом контексте линии 20 кВ представляют собой перспективное компромиссное решение, сочетающее технические преимущества более высокого напряжения с умеренными капитальными затратами. Основными аргументами в пользу их внедрения являются:

- снижение потерь электроэнергии на 30–50 % по сравнению с линиями 10 кВ;
- увеличение пропускной способности в 2–2,5 раза при том же сечении провода;
- возможность передачи мощности до 13 МВт на расстояния до 10 км.