

АЛГОРИТМ РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ НЕСИММЕТРИИ ДЛЯ УЧАСТКА ГОРОДСКОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ГОРОДА ТОМСКА

Т.Е. Турукина
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭПП

На сегодняшний день к наиболее актуальным проблемам в сфере электроэнергетики могут быть отнесены энергосбережение и улучшение показателей качества электроэнергии (ЭЭ) [1]. Среди последних немаловажную роль играют коэффициенты несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательностям, характеризующие такое понятие как несимметрия напряжения в трехфазных системах. Для городских электрических сетей (ЭС) напряжением 0,38 кВ одним из наиболее частых явлений является как раз несимметрия напряжений, вызванная постоянно растущим числом подключений большого количества однофазных бытовых и осветительных электроприемников (ЭП) малой мощности. Протекание несимметричных токов нагрузки по элементам системы электроснабжения приводит к несимметричной системе напряжений на выводах ЭП и ухудшению условий работы всех элементов сети, снижению надежности работы электрооборудования и системы электроснабжения в целом [2, 3]. Кроме этого работа систем электроснабжения в условиях несимметрии токов и напряжений приводит также к экономическому ущербу, где увеличение потерь активной мощности и ЭЭ является составной частью. В данной работе оценивается необходимость снижения несимметрии токов и напряжений в городской распределительной сети (РС) на примере участка ЭС города Томска.

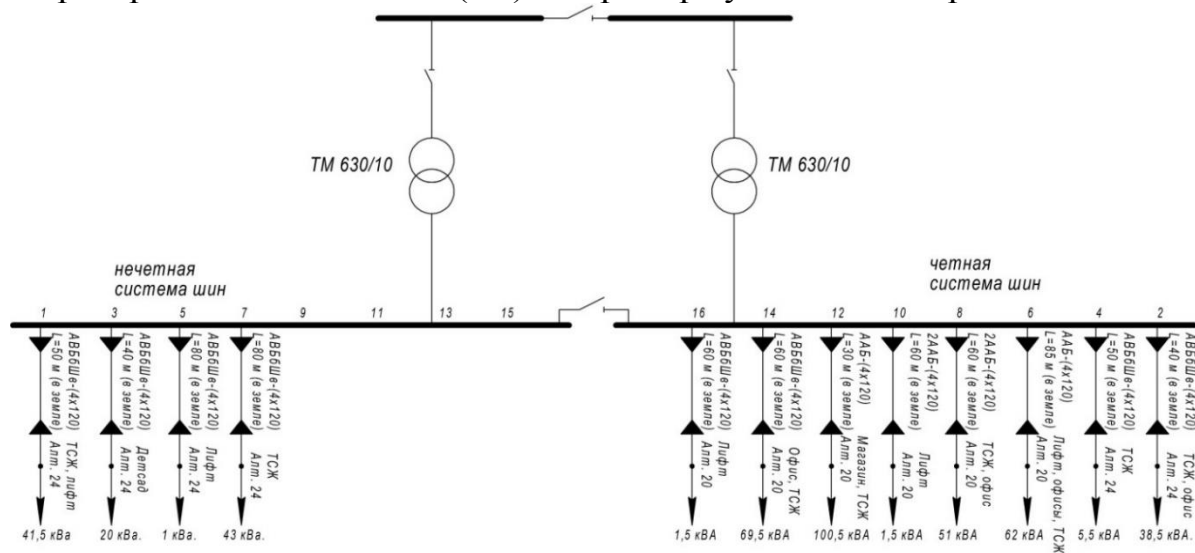


Рисунок 1 – фрагмент трансформаторной подстанции (ТП), смоделированный в программном комплексе

Предметом исследования является ТП городской системы электроснабжения (рисунок 1). Нагрузка задается как одно- и трехфазная смешанная нагрузка. Нагрузка соответствует действительным условиям эксплуатации. Для

ее моделирования взят типовой суточный график нагрузки по фазам для жилого дома с электрическими плитами. Двигательная нагрузка включает в себя оборудование, выходная мощность которого остается постоянной при изменении напряжения. На рисунке 2 представлена нагрузка подстанции по фазам в виде гистограммы с накоплением.

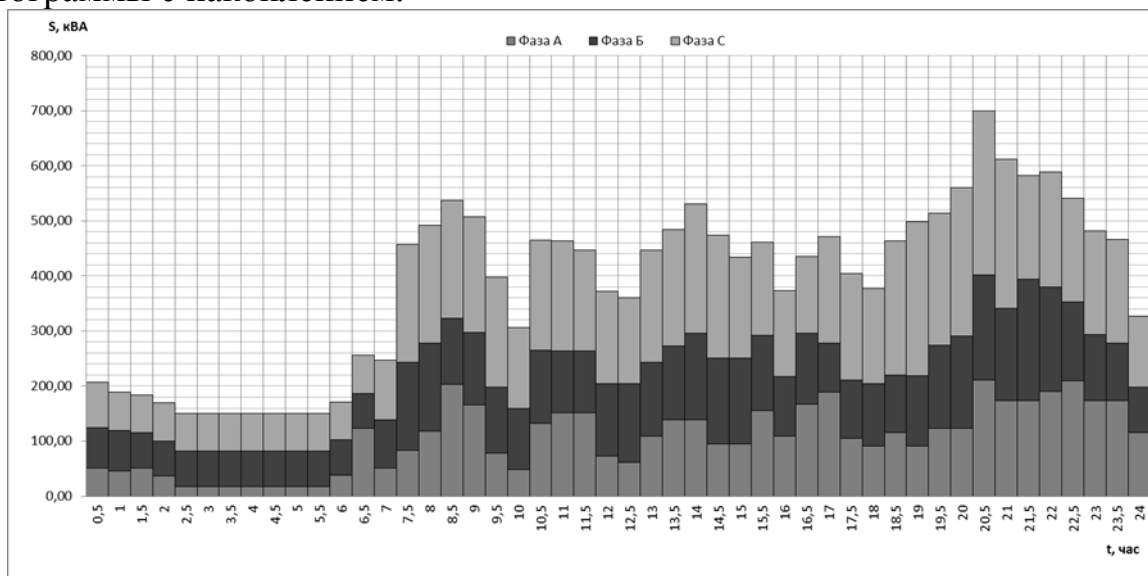


Рисунок 2 – Нагрузка исследуемой подстанции по фазам

Одним из способов снижения несимметрии напряжений является разработка автоматизированной системы контроля и управления несимметрией в РС, с помощью которой предполагается в автоматическом режиме устранять несимметрию трехфазной системы при прогнозных данных об ее появлении путем равномерного перераспределения однофазных нагрузок по фазам на питающем фидере 0,4 кВ.

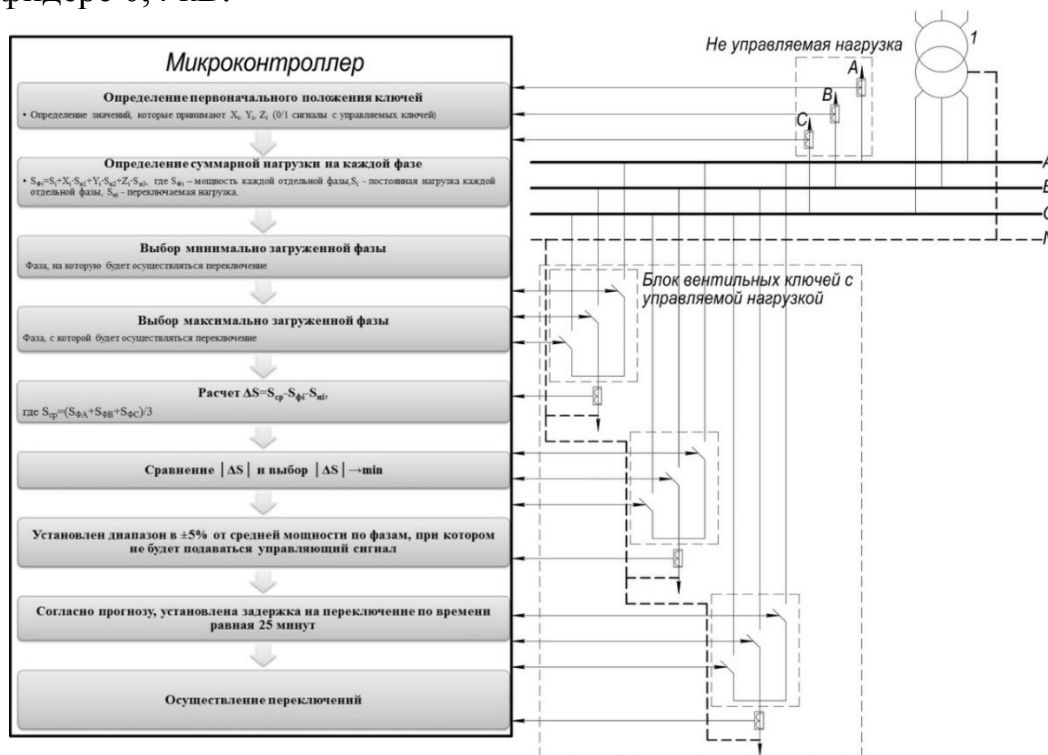


Рис. 3. Алгоритм работы и структурная схема устройства автоматического переключения однофазных нагрузок

Для рассматриваемой ТП был разработан алгоритм программы переключения однофазной нагрузки. Однофазная переключаемая нагрузка задается случайной величиной в диапазоне от 1 до 20% нагрузки каждой фазы, что является своего рода обязательным условием – с фазы на фазу можно переключить не больше 20% однофазной нагрузки. Алгоритм работы и структурная схема устройства представлена на рисунке 3 [4]. С помощью микроконтроллера осуществляется анализ данных, по результатам которых на вентиляльные ключи подается управляющий сигнал и нагрузка переключается на наименее загруженную фазу. Пример частей алгоритма, построенного на *FBD* блоках представлен на рисунке 4.

Внедрение в алгоритм прогнозного аппарата позволяет определить длительность и значимость уровня несимметрии. В качестве прогнозного аппарата используется метод *autoregressive moving-average model (ARMA(p, q)) / Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity (GARCH(p, q))*. Данная модель базируется на предположениях, что любой ряд зависит от прошлых значений, ошибок и значений ошибок в прошлые моменты времени [5].

Для построения модели прогноза использованы возможности программного обеспечения *MATLAB*, которые позволяют оценить общую модель *GARCH*. Результаты прогнозирования представлены на рисунке 5.

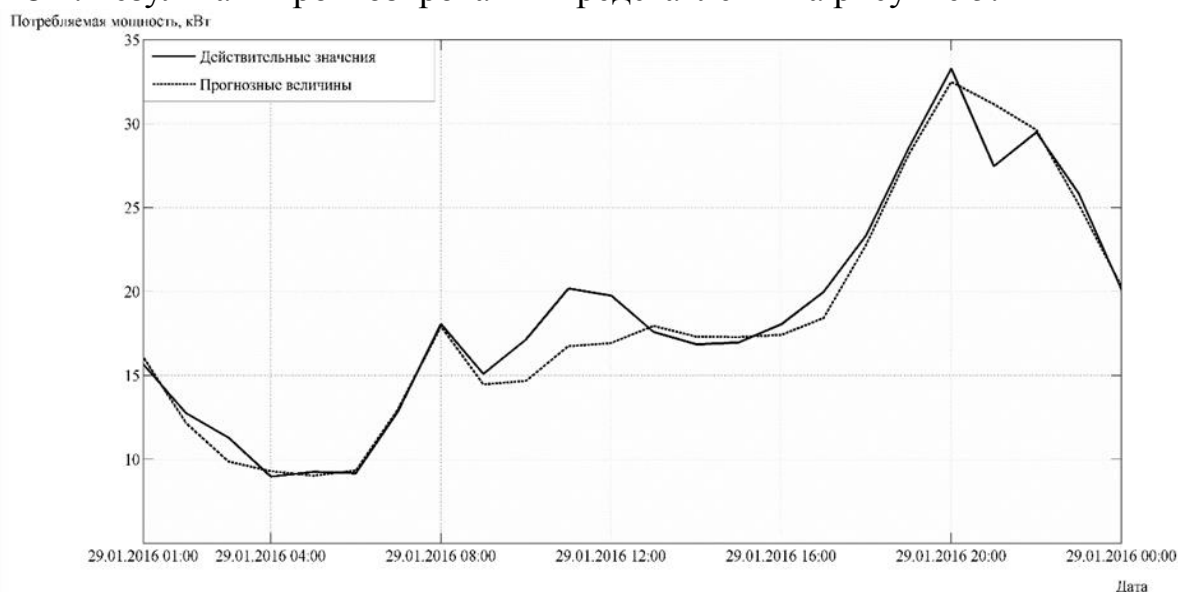


Рисунок 5 – Прогнозирование потребления электроэнергии

В ходе расчетов были получены результаты, представленные в таблице 1.

Табл. 1. Потери ЭЭ за сутки при установке СУ

	Без СУ		СУ	
	ΔW_A , кВт·ч	ΔW_P , кВАр·ч	ΔW_A , кВт·ч	ΔW_P , кВАр·ч
Потери ЭЭ в трансформаторах	92,764	386,967	82,561	353,464
Потери ЭЭ в кабельных линиях 0,4 кВ	111,313	21,694	105,931	20,998
Суммарные потери ЭЭ	204,076	408,661	188,492	374,461

Из таблицы 1 видно, что потери активной и реактивной энергии в трансформаторе и кабельных линиях при установке симметрирующего устройства (СУ) уменьшились. В среднем за сутки использование СУ позволяет экономить порядка 8-10% ЭЭ от суммарного потребления. В денежном эквиваленте экономия составляет 30-40 руб/сутки. Учитывая стоимость комплектующих, необходимых для реализации данного устройства, срок окупаемости составляет 6,6 лет. Основными элементами данного устройства являются микроконтроллер и твердотельные реле. Срок службы микроконтроллера при нормальных условиях равен 10 лет [6], а твердотельное реле рассчитано более чем на миллиард коммутаций [7], что в данных условиях работы во много раз превысит срок службы контроллера. Таким образом, применение устройства переключения однофазных нагрузок является экономически эффективным способом снижения несимметрии токов и напряжений в городских РС. Использование устройства автоматического переключения однофазных нагрузок для исследуемой подстанции позволяет снизить потери ЭЭ (активной на 7,63%; реактивной на 8,37%). Также позволяет повысить качество электроснабжения потребителей (средний коэффициент несимметрии по нулевой последовательности снизился с 3,59% до 2,13%, а коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности – с 0,61% до 0,36%).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 23.11.2009 г. №261-ФЗ // Собрание законодательства. – 2009. - № 48. – Ст. 5711.
2. Мельников Н.А., Солдаткина Т.А. Несимметрия напряжений в промышленных электрических сетях // Электроснабжение и автоматизация промышленных предприятий.- М., 1975- N 2.- С. 30-34
3. Маркушевич Н.С., Солдаткина Т.А. Качество напряжения в городских электрических сетях.- М.: Энергия, 1975. – 256 с.
4. Пат.2432658 Российская Федерация, С1 РФ, МПК Н 02J3/00.
5. Minakhi Rout, Babita Majhi, Ritanjali Majhi, Ganapati Pando. Forecasting of currency exchange rates using an adaptive ARMA model with differential evolution based training. // Journal of King Sound University – Computer And Information Sciences, 2014.- N 26.- P. 7-18.
6. Твердотельные реле. [Электронный ресурс]: URL <http://www.proton-impuls.ru/apindex.php?mod=main&task=view&taskid=80>
7. Тиристорный преобразователь как средство модернизации однофазных печей. [Электронный ресурс]: URL <http://www.elec.ru/articles/tiristornyj-preobrazovatel-kak-sredstvo-modernizac/>

Научный руководитель: А.В. Кабышев, д.ф.м.н., профессор каф. ЭПП ЭНИН ТПУ.