

УДК 544.015.4

**ПЕРЕКОС ФАЗ
PHASE IMBALANCE**

Е.А. Сырица, В.С. Матерн

Научный руководитель – О.А. Пекарчик, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск,

E. Syritsa, V. Matern

Supervisor – O. Piakarchyk, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: Самая распространенная проблема, порождающая массу негативных последствий – перекос фаз в трехфазной сети (до 1,0 кВ) с глухозаземленной нейтралью. Термин перекос фаз используется для описания состояния сети, при котором возникают неравномерные нагрузки между фазами, что приводит к возникновению перекоса.

Abstract: The most common problem that generates a lot of destructive consequences is phase imbalance in a three-phase network (up to 1.0 kV) with a dead-grounded neutral. Phase imbalance is a term used to describe a network condition in which uneven loads occur between phases, resulting in imbalance.

Ключевые слова: Перекос фаз в трехфазной сети, суть явления перекоса фаз, выявление и устранение перекоса фаз.

Keywords: Phase imbalance in a three-phase network, the essence of the phase imbalance phenomenon, identification and elimination of phase imbalance.

Введение

В повседневной жизни мы довольно часто встречаемся с явлениями, которые не зависят от нашей деятельности, но могут привести к серьезным последствиям. Одним из таких явлений считается перекос фаз в трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью. Это может привести к выходу из строя электрических устройств, стать причиной короткого замыкания и создать угрозу для жизни. Учитывая актуальность проблемы, необходимо четко понимать, что представляет собой не симметрия токов и напряжений, а также причины ее возникновения для выработки наиболее оптимальной стратегии защиты.

В этой работе рассмотрим проблему перекоса фаз в быту, как в наиболее массовом секторе, где каждый конечный потребитель в силу технических, социальных и других особенностей не может знать о её существовании. Но прежде рассмотрим суть возникновения такого явления.

Основная часть

Суть явления перекоса фаз.

Для описания явления перекоса фаз, рассмотрим способ подключения приёмника по схеме «звезда с нейтральным проводом» (рисунок 1) [1],

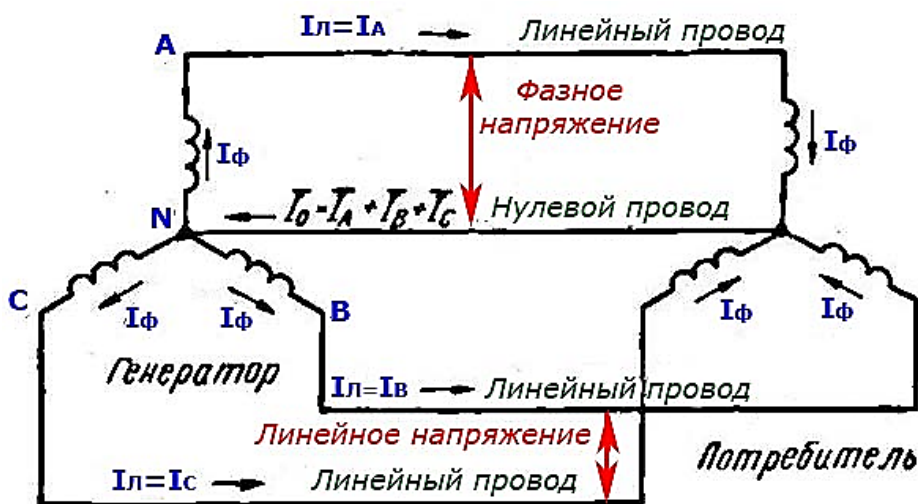


Рисунок 1 – Схема подключения приёмника «звезда с нейтральным проводом»

Векторная диаграмма напряжений будет выглядеть следующим образом (рисунок 2) [1]:

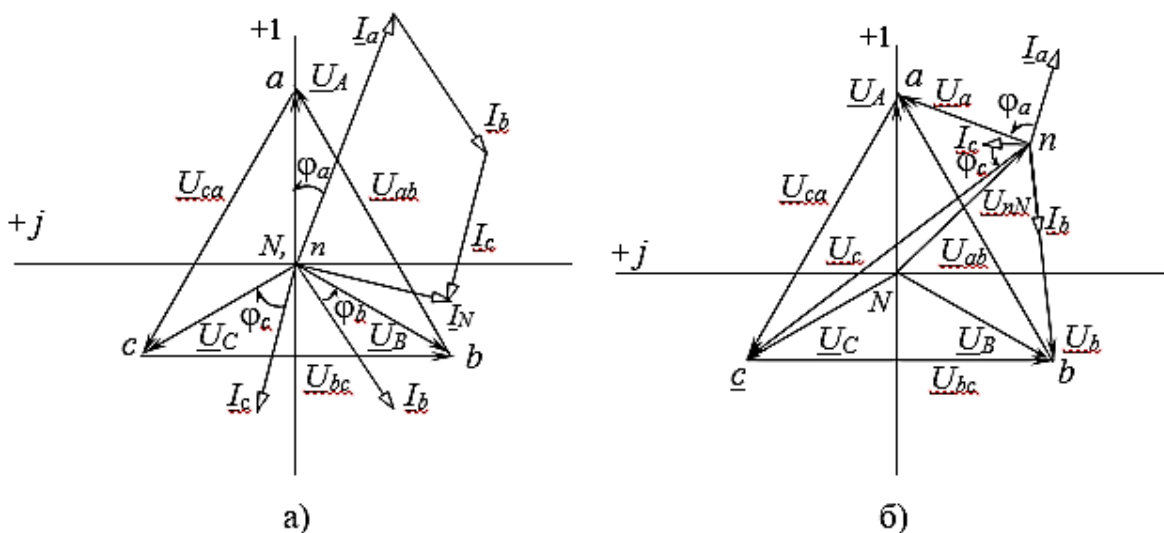


Рисунок 2 – Векторная диаграмма напряжений

При симметричной нагрузке действующие значения фазных напряжений будут равны между собой, но на практике такого добиться практически не реально, так как симметричная нагрузка фаз в жилых домах встречается крайне редко. В результате, отклонение фазных напряжений может превысить допустимый предел.

Рассмотрим некоторые основные причины возникновения явления перекоса фаз из-за неравномерного распределения нагрузки по фазам и обрыв ноля (рисунок 3) [2].

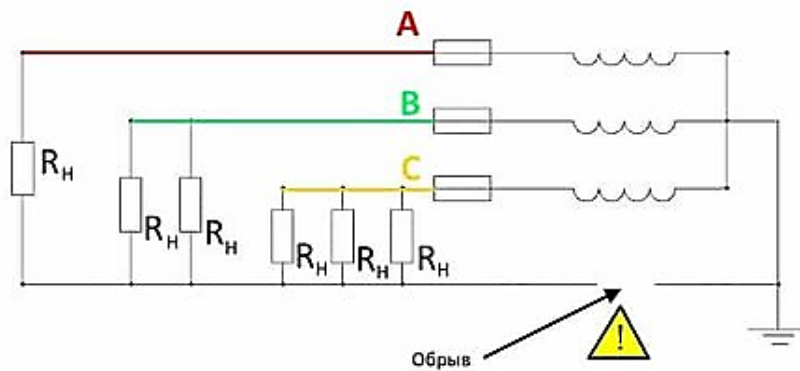


Рисунок 3 – Схема распределения тока по фазам

Из ситуации, описанной на рисунке 5 видно, что в результате обрыва нуля, у потребителей, подключенных к фазе А, напряжение превысит допустимый предел и будет стремиться к линейному напряжению (380В), в то время как у потребителей, подключенных к фазе С, напряжение упадет, вплоть до полного отключения электроприемников. Это происходит потому, что разные потребители, в одно и тоже время, используют электрооборудование разной мощности. И вот у тех потребителей, у которых в это время незначительное электропотребление или полностью отсутствует, но при этом электроприборы подключены к электросети, происходит скачек напряжения до 300-350В, что приводит к выходу или в худшем случае возгоранию оборудования. И это реальные случаи, происходящие повсеместно. Ситуацию усугубляет аварийное состояние этажных электро-щитков и не своевременное обслуживание системы электроснабжения дома.

В частном секторе, при трехпроводной системе, такая проблема решается на стадии проектирования системы электроснабжения путем равномерного перераспределения нагрузки по фазам, зная какие токоприемники, в какое время и с какой долей вероятности будут включены в сеть (рисунок 4) [3]. В многоквартирном доме сложно предугадать кто, когда и сколько приборов, или правильней сказать какой мощностью, включит в сеть.

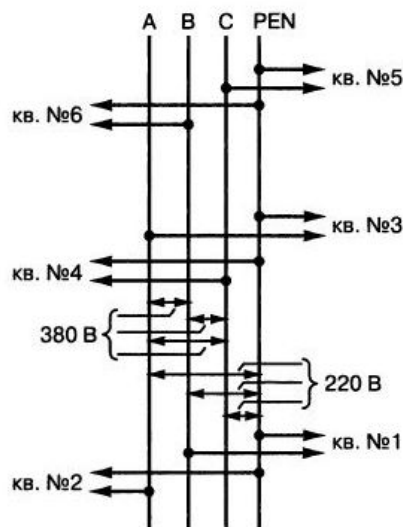


Рисунок 4 – Схема электроснабжения в жилых домах

Подключение квартир к магистральным питающим линиям производят с учетом равномерного распределения нагрузки, как показано на рис.6, что дает избежать перекоса фаз. Но это опять в теории. Никто не знает кто, в какой квартире или какой мощности поставит электрооборудование. На сегодняшний день выбор просто огромный: стиральные машины, духовые шкафы, варочные панели, микроволновые печи, кондиционеры, полы с подогревом, электрополотенце-сушители, микроволновые печи, чайники, утюги и т.д. Этот список можно продолжать до бесконечности. Конечно, для защиты от перегрузки предусмотрены автоматические выключатели с соответствующим номиналом, не превышающим проектные характеристики. Но как минимум у каждого автоматического выключателя есть своя время-токовая характеристика, при которой он отключится при нормальном режиме работы электросети. Допустим, если установлен автоматический выключатель номиналом 16А, он может отключиться при превышении номинального тока в 1,45 раза через 1 час. Теперь представим, что согласно схеме подключения, как показано на рисунке 6, в кв. 2 и 3, которые подключены к фазе А, не установлено так называемое дополнительное оборудование, а в кв. 1 и 6, которые подключены к фазе В включили все что можно и при этом одновременно. Конечно же, жилцы этих квартир оказались «продуманными» и заменили старую электропроводку на новую, чтобы она не сгорела под такой нагрузкой, но не учли много нюансов. Вот и получим перекося фаз в ВРУ жилого дома, которое показано на рисунке 5а, где видно неравномерное распределение нагрузки, которое показывают токоизмерительные клещи на рисунках 5б, 5в и 5г, где рисунок 5б – фаза А, рисунок 5в – фаза В, рисунок 5г – фаза С.



а



б

в

г

Рисунок 5 – Система электроснабжения в многоквартирном доме: а – вводно распределительное устройство; б – фаза А; в – фаза В; г – фаза С

Камера телефона запечатлела мгновенные значения токов: фаза А – 16,5А, фаза В – 0,5А, фаза С – 0,8А. В ходе измерений, значения изменялись и достигали: фаза А – 23,4А, фаза В – 9,8А, фаза С – 8,5А. По результатам измерений с уверенностью можно сделать вывод, что фаза А перегружена.

На каждой этажной площадке расположено 4 квартиры. В обследуемом в случайном порядке этажном щитке, фазировка выполнена следующим образом: фаза А – условно 1 квартира, фаза В – условно 2 квартира, фаза С условно 3 и 4 квартиры.

Из оснащения этажного электро-щитка можно видеть, что жилцы условно первой квартиры, подключенной к фазе А, выполнили реконструкцию внутренней электропроводки с устройством шести контуров электроснабжения и установкой автоматов защиты на каждый контур. С большой долей вероятности можно утверждать, что такая квартира оборудована по максимуму и имеет большое энергопотребление. Вот и получаем неравномерное распределение нагрузки и соответственно перекос фаз.

Выявление и устранение перекоса фаз.

Как выше было сказано, основными популярными причинами являются неравномерное и неграмотное распределение нагрузки по фазам сети и обрыв ноля.

Для исключения обрыва ноля необходимо правильно выбирать сечение проводника и следить за надежным его соединением. В обследуемом этажном электро-щитке, контактное соединение нулевых проводников с корпусом щитка обслужено. Для снижения последствий обрыва ноля, при котором может пострадать электрооборудования во всех 4 квартирах на площадке, каждая квартира подключена отдельным нулевым проводником.

В результате неравномерного распределения нагрузки по фазам в домах и квартирах по нулевому проводнику начинает протекать ток. Это как раз-таки связано с тем, что при симметричной нагрузке по ней вообще не будет протекать ток, а при не симметричной нагрузке ток должен быть меньше чем в фазной жиле. Но так бывает не всегда. При протекании электрического тока проводник

нагревается, это безупречная работа закона Джоуля-Ленца на практике. Он гласит, что чем больше сопротивление проводника и чем дольше протекает электрический ток, тем больше выделится тепла на нём. Также вспомним, о том, что чем меньше сечение проводника и чем больше его длина, тем больше сопротивление. Кроме того, от качества контактов на соединении клемм и проводов также зависит переходное сопротивление. Простыми словами, чем больше площадь соприкосновения контактов и чем сильнее они прижаты друг к другу – тем меньше переходное сопротивление и тем меньше их нагрев. В первую очередь ноль может отгореть в распределительном щите на вводе в здание. Это самая распространенная ситуация, потому что в этом месте на нулевой провод ложится нагрузка со всех квартир и со всех трёх фаз. Далее часто возникают проблемы на нулевой шине в подъездном электрощитке. Часто шина закреплена непосредственно на корпусе подъездного электрощита, тогда это выглядит так, как на фотографии обследуемого электро-щитка. По мере нагрева начинает подгорать и ухудшаться контакт. Ослабевают винтовые зажимы в связи с тепловым расширением и последующим охлаждением после снятия нагрузки. Это вызывает лавинообразный процесс роста сопротивления и нагрева соединения. В результате ноль рано или поздно отгорает полностью. После чего происходит то явление, о котором мы говорим – перекося фаз. О том, что ноль скоро отгорит можно косвенно судить по участвующим просадкам и возрастаниям напряжения. Если напряжения постоянно стабильны (или отклонения несущественны) – с проводкой все в порядке.

С учетом изложенного, лучший способ защиты от обрыва ноля и защиты от перепадов напряжения и 380В в розетках - это установка внутри вводного щитка модульного реле напряжения (рисунок 6) [4]. При этом оно будет защищать электробытовые приборы, как от повышенных, так и от пониженных значений.

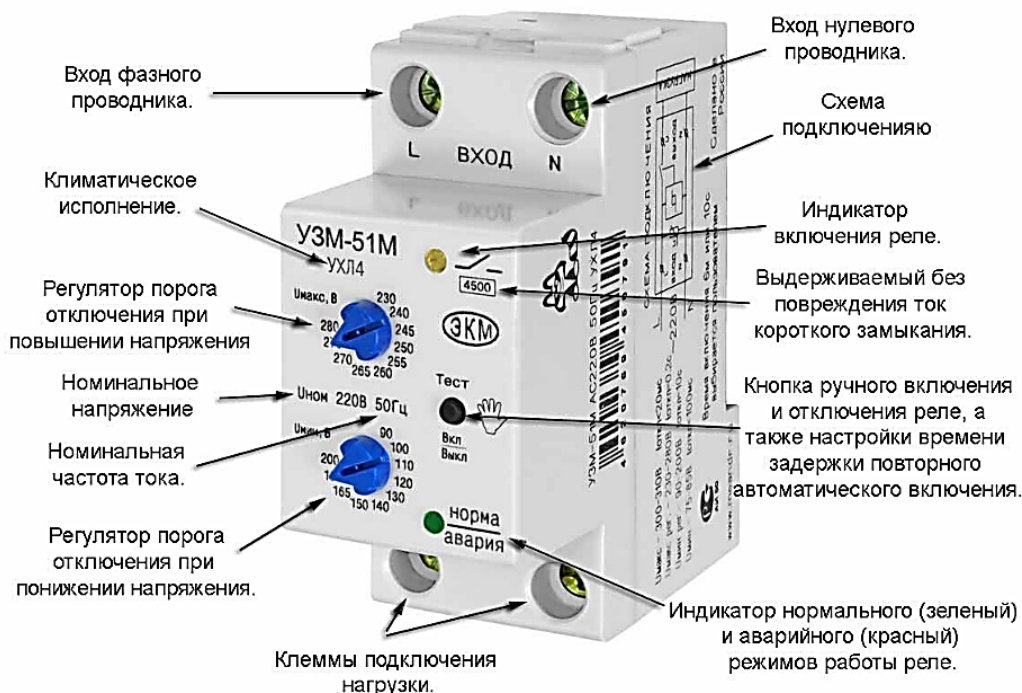


Рисунок 6 – Установка внутри вводного щитка модульного реле

Вопрос равномерного распределения нагрузки по фазам намного сложнее и требует пристального внимания со стороны обслуживающего электроустановки персонала. Визуально, даже с применением токоизмерительных клещей, которые даже в областном центре не входят в комплект экипировки электромонтера, крайне проблематично определить наиболее и наименее нагруженные конкретные участки. В тепловом хозяйстве в настоящее время повсеместно внедряется система дистанционного съема показаний с приборов учета и регулирования параметров тепловой энергии: температура, расход, давление. Это позволяет оперативно реагировать на разбалансировку системы в целом. Назрела необходимость разработки комплекса контроля, за параметрами электрической энергии на каждом доме.

Система должна представлять собой программно-технический комплекс, позволяющий выполнять следующие функции:

- контроль показания приборов учета электроэнергии;
- контроль параметров электрической сети (сила тока, напряжения), температуры токоведущих жил и нулевого проводника;
- передавать информацию о несанкционированном проникновении в этажный электро-щиток и электрощитовую.

Объем автоматизации контроля и перечень конкретных автоматизированных подсистем должен определяться техническим заданием, а также исходя из соображений целесообразности с учетом режима эксплуатации систем и оснащенности их электрифицированной арматурой и соответствующими датчиками. В процессе эксплуатации информация о мониторинге направляется диспетчеру (инженеру-энергетику) на рабочее место. Информация об аварийных ситуациях должна поступать немедленно, а другие параметры с заданным периодом или по запросу.

В состав системы должны входить:

- верхний уровень: компьютер (сервер) диспетчерского пункта с модулем связи;
- средний уровень: устанавливаемые на объектах устройства сбора и передачи данных;
- нижний уровень: оборудование учета, контроля и преобразования (электро-учета, регуляторы напряжения, вольтамперметры, датчики).

Данные от оборудования в цифровом виде поступают в устройство передачи данных, и далее по GSM/GPRS каналу, на компьютер 9 сервер диспетчерского пункта.

Заключение

Для того чтобы избежать перекоса фаз, необходимо осуществить тщательное планирование всех мощностей и рассчитать все возможные нагрузки с их правильным распределением по фазам, составлять подробный проект на дом. При эксплуатации необходимо выполнять проверку тока с помощью специальных тестеров. Если возникнет необходимость, должна быть выполнена переброска однофазных нагрузок с более загруженных фаз, на менее загруженные. Ток на каждой фазе трёхфазного автомата должен быть тщательно измерен, после чего нужно перераспределить однофазные нагрузки так, чтобы

токи на каждой фазе были приблизительно равными. Эта работа должна выполняться только профессионалом, имеющим специальное оборудование. Своевременное выявление неравномерного распределения нагрузок позволит своевременно принять меры и избежать последствий аварийных ситуаций в системе энергоснабжения дома.

Литература

1. Перекос фаз [Электронный ресурс]/ Электроника <https://yandex.by/turbo/asutpp.ru/s/perekos-faz-v-trehfaznoj-seti.html>
2. Перекос фаз [Электронный ресурс]/ Электроника <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/jelektropitanie/perekos-faz/>
3. Перекос фаз [Электронный ресурс]/ Электроника <https://inbarabin.ru/perekos-faz-i-chem-on-opasen>
4. Перекос фаз [Электронный ресурс]/ Электроника <https://elektrik-sam.ru/jelektrosnabzhenie/4113-что-такое-gluhozazemlennaja-nejtral-opredelenie-prostym-jazykom.html>
5. Перекос фаз [Электронный ресурс]/ Электроника <https://domikelectrica.ru/otkuda-v-rozetke-380v-pri-obryve-nulya/>
6. Перекос фаз [Электронный ресурс]/ Электроника <http://elektrik.info/main/sekrety/1505-pochemu-greetsya-nulevoy-provod.html>