

НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В СОЗДАНИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Известно, что в силу сложившихся в энергосистемах стран СНГ режимных условий потребители значительную часть времени суток практически в течение всего года получают электроэнергию при повышенных уровнях напряжения. Это приводит к значительным объемам бесполезного потребления электроэнергии. На каждый процент повышения напряжения сверх номинального значения бесполезное потребление активной мощности и энергии составляет от 1 до 2-х %. Для коммунально-бытовой нагрузки прирост потребляемой мощности на 1% повышения напряжения в среднем составляет 2%. Для примера на рис. 1 показан график нагрузок и напряжений одного из производственных корпусов Минского электротехнического завода имени В.И. Козлова в наиболее характерный рабочий день (четверг), а на рис.2 - график нагрузок и напряжений этого же корпуса в выходной день (суббота).



*Л.Н. Стабровский,
главный инженер ПР
УП "Минский электро-
технический завод им.
В.И. Козлова"*

допустить поддержание напряжения на зажимах электроприемников 210В, составляет около 850 кВт/часов или 6,3%, а в выходной день около 320 кВт/часов или 14,5% от фактического суточного электропотребления.

Принимая во внимание, что завод расплачивается с энергоснабжающей организацией по системе зонного учета электроэнергии, финансовый ресурс экономии в рабочий день по рассматриваемому производственному корпусу составит 71000 руб., а в выходной день - 24000 руб.

При 22 рабочих и 8 выходных днях в месяц месячная экономия оценивается в $71000 \cdot 22 + 24000 \cdot 8 = 1754000$ руб., а годовая экономия может быть оценена приблизительно в 21 млн. руб. или 14000

долларов США.

В относительном исчислении снижение электропотребления может достигать 6,8%.

Если же условно распространить изложенные выводы на завод в целом, то исходя из фактического электропотребления теоретический ресурс годовой экономии составляет около 70 тыс. долларов США.

Экстраполируя рассуждения на масштаб республики можно говорить о существенной экономии. Разумеется, изложенные рассуждения в известной мере условны и идеализированы, они даны с целью показать актуальность проблемы и отразить не только количественную, но и качественную стороны сложившейся ситуации. Выход энергосистем на желаемый уровень регулирования напряжения в обозримом будущем не ожидается из-за потребности в крупных капложений. Однако, даже и при достижении уровней напряжения в желаемых допусках можно получить существенную выгоду от организации электроснабжения на нижнем уровне напряжения подобно тому, как, например, металлурги экономят сырье, выпуская прокат в нижнем поле допуска.

Исследования вопросов управления электропотреблением воздействием на величину питающего напряжения проводились в Республике Беларусь (см., например, /1/), а также за рубежом, например, в энергосистемах США /2/.

Все это дает основания по-новому взглянуть на подходы при производстве электрооборудования для распределительных и групповых электросетей.

Имеет смысл осветить подходы в трех направлениях: электрощитки в бытовом и коммунальном секторе; распределительные пункты в жилых, административных, общественных и производственных зданиях; трансформаторные подстанции в городских и промышленных элек-

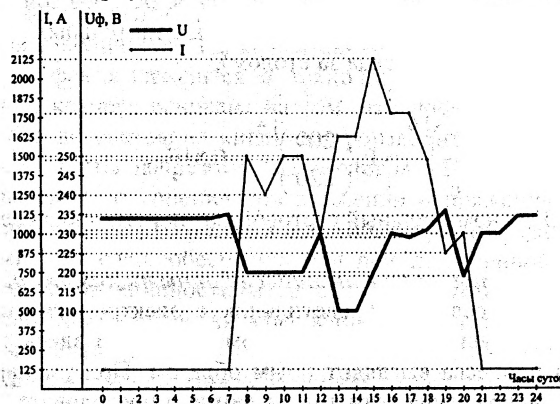


Рис. 1.

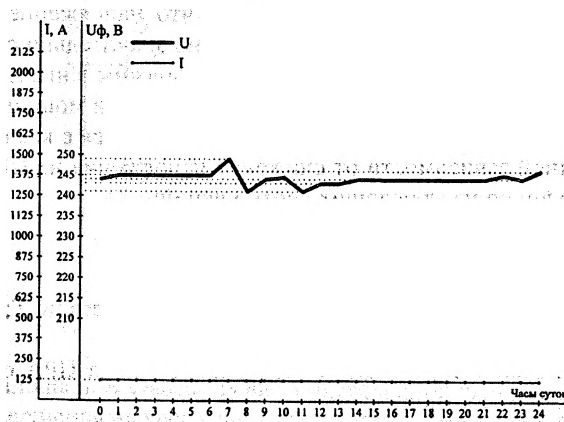


Рис. 2.

Из анализа графиков следует, что суточный ресурс энергосбережения в характерный рабочий день, если

тросетях.

Однофазные и трехфазные электрощитки в бытовом и коммунальном секторе служат для распределения электроэнергии, защиты электропроводок групповых сетей от токов короткого замыкания и перегрузок, снятия напряжения с электропроводок и учета электроэнергии для расчета с энергоснабжающими организациями.

Сегодня электрощитки изготавливаются на предприятиях электромонтажных организаций с применением отсталых технологий. Низкое качество окраски, отсутствие покрытия крепежа, крайне небрежная сварка делают их неприглядными, портящими интерьер, а низкая надежность контактных соединений приводит к нарушениям электроснабжения, вынуждает к некачественному вмешательству жильцов, что снижает уровень электробезопасности, повреждения контактов в нулевых проводах прямо угрожают жизни людей из-за прохождения фазных потенциалов на зануленные корпуса электроплит и стиральных машин. Электрощитки имеют низкую степень защиты от вандализма.

Очевидна проблема создания типажного ряда современных надежных отечественных электрощитков.

Принимая во внимание, что из-за избытка реактивной мощности в энергосистеме вследствие падения нагрузок напряжение завышается приводя к росту потребления электроэнергии в бытовом и коммунальном секторе, представляется уместным ввести еще одну функцию электрощитка – регулирование напряжения.

Регулирование напряжения следует вести по самой надежной и экономичной автотрансформаторной схеме на базе трансформаторов малой мощности, выпускаемых Минским электротехническим заводом имени В.И.Козлова – самым крупным производителем таких трансформаторов в странах СНГ – трансформаторов высокой надежности и качества.

В связи с энергосберегающим эффектом электрощитки нашего завода следует применять на вновь строящихся и капитально ремонтируемых объектах через директиву правительства или Госэнергонадзора, затем перейти на массовую модернизацию парка действующих электрощитков также в директивном порядке (в первую очередь в домах с электроплитами).

За счет снижения напряжения (для примера на 5%) против номинального (220 В), т.е. до 209 В можно добиваться снижения энергопотребления также в среднем на 5% без ущерба для комфорта и без вреда для электробытовой техники в бытовом и коммунальном секторе (подробный анализ изложен ниже). Это помимо положительного влияния на энергетический баланс страны несет также существенную социальную роль, особенно в свете предстоящей задачи постепенного ухода от перекрестного субсидирования – как средство социальной защиты малоимущего населения.

Ниже представлен анализ изменения электропотребления различными бытовыми электроприборами при снижении напряжения на 5%.

а) Светильники с лампами накаливания.

Фактическая мощность:

$$P = P_n \left(\frac{U}{U_n} \right)^{\frac{8}{5}} = P_n \left(\frac{209}{220} \right)^{\frac{8}{5}} = 0,95 P_n, /3/$$

где P_n – номинальная мощность источников света, Вт;
 U_n – номинальное напряжение источников света, 220 В

U – сниженное на 5% против номинального фактическое напряжение, 209 В. $U = 209$ В

Таким образом фактическая мощность, а, значит, и потребляемая энергия снизится на 8%.

Срок службы ламп накаливания L определяется из выражения:

$$L = L_n \left(\frac{U}{U_n} \right)^{-14} = L_n \left(\frac{209}{220} \right)^{-14} = 2 L_n,$$

где L_n – номинальный срок службы ламп.

Т.е. срок службы ламп накаливания возрастает в 2 раза.

Положительная сторона дела, связанная со снижением энергопотребления и увеличением срока службы источников света, несмотря на существенное снижение светового потока несомненно вызовет интерес у населения, если иметь в виду эксплуатацию электроосвещения в периоды, не требующие острого зрительного восприятия, то есть при грубых зрительных работах (например, беседа за столом).

Световой поток:

$$F = F_n \left(\frac{U}{U_n} \right)^{1,6} = F_n \left(\frac{209}{220} \right)^{1,6} = 0,81 F_n,$$

где F_n – номинальный световой поток источника света, лм.

б) Светильники с люминесцентными лампами.

Если исследовать светильник с электромагнитным пускорегулирующим аппаратом (ПРА), то здесь теория процесса выглядит иным образом. При уменьшении напряжения сети ток на лампе и последовательно включенном ПРА уменьшается. Вольтамперная характеристика лампы и ПРА таковы, что напряжение на лампе существенно не изменится, но значительно снизится на ПРА. Поэтому на ПРА должны снизиться потери мощности в стали ПРА (P_c) и потери мощности в меди ПРА (P_m). При этом и P_c и P_m снизятся в квадратичной зависимости от снижения напряжения на ПРА, что видно из следующих соотношений:

$$P_c \equiv \rho_c V_M^2 G_c, \text{ Вт,}$$

где ρ_c – удельные потери в стали, Вт/кг;

V_M – амплитудное значение индукции в стали, Т;

G_c – масса стали, кг.

Значение V_M связано с напряжением U на ПРА следующим соотношением:

$$V_M = \frac{U}{4,44 f \omega S_c}, \text{ Т, или } P_c \equiv \frac{\rho_c U^2 G_c}{(4,44 f \omega S_c)^2},$$

где f – частота сети, Гц;

ω – число витков обмотки ПРА;

S_c – сечение стали в сердечнике, м.

Отсюда видна вышестоящая квадратичная зависимость P_c от напряжения U на ПРА.

Потери в меди ПРА:

$$P_M = \frac{U^2}{R_M}, \text{ Вт,}$$

где R_M – активное сопротивление обмотки ПРА, Ом.

Результаты лабораторного исследования светильника ШОД-2х80 показали, что снижение напряжения на светильнике до 209 В привело к снижению электропотребления на 10%. Полученный результат хорошо согласуется с расчетными выражениями, данными в /3/:

Снижение потребляемой мощности

$$\Delta P = \frac{2P_n \Delta U}{U_n} \cdot 100\% = \frac{2P_n \cdot 11}{220} \cdot 100\% = 10\% P_n,$$

где ΔU – снижение напряжения питающей сети, В.

Световой поток снизится по аналогичному расчету на 7,5%.

в) Кухонная электроплита.

Снижение напряжения на кухонной электроплите ведет к существенному снижению электропотребления, о чем свидетельствуют лабораторные исследования электроплиты "Электра" 1001М. Снижение расхода электроэнергии на приготовление отварного картофеля в количестве 1,2 кг составило 6,6%. Объяснение этого факта находится в технологии приготовления блюд, которая основана на том, что после доведения блюда до состояния кипения, производится переключение плиты на режим "малого огня". Если процесс доведения до кипения при снижении напряжения потребует большего расхода энергии, то режим "малого огня" длителен, обеспечивается при пониженной потребляемой мощности и за счет большого времени кулинарной обработки обеспечивается итоговый режим экономии.

Качественно это можно пояснить графиком (рис. 3).

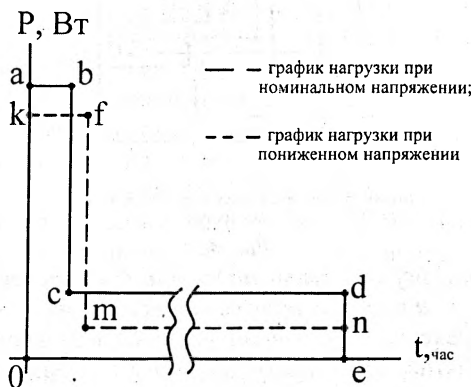


Рис. 3.

Площадь S_{Oabcde} равна потребленной энергии для совершения некоего вида кулинарной обработки при номинальном напряжении, а площадь S_{okfime} – то же, но при пониженном напряжении. Неравенство $S_{Oabcde} >$

S_{okfime} означает экономию электроэнергии при пониженном напряжении.

Для убедительности можно привести данные из официальной технологии приготовления некоторых блюд, принятой Минторгом РБ /5/.

Вот примеры времени слабого кипения для ряда блюд: бульон из птицы – 1-2 ч; рыбные бульоны – 40-50 мин; тушение капусты – 1,5-2,5 ч; супы молочные – 10-40 мин; макароны для гарниров – 20-30 мин; грибные супы из сушеных грибов – 1,5-2 ч; гречневая каша 1-4,5 ч; перловая, пшеничная каша – 1,5-2 ч; рисовая каша – 1 ч; супы бобовые – 1-2 ч.

г) Холодильники, морозильники.

Для электроприемников с малым значением продолжительности включения (ПВ), таких, как холодильник, переход на работу при пониженном напряжении выгоден только тогда, когда наряду с холодильником (или другим подобным прибором) включается еще какая-либо длительная нагрузка, например, освещение или электроплита, где экономия энергии компенсирует потери энергии в автотрансформаторе. Так как для бытовых условий это не может быть обеспечено, то необходимо автоматически выводить автотрансформатор из работы при отсутствии нагрузки, питаемой от электрощитка. Снижение электропотребления холодильником при ПВ=15% (реальное значение) составило бы 6%.

д) Электроутюги.

Установлено лишь, что при снижении напряжения с 220 до 209 В электропотребление снижается от 1 до 4% (в зависимости от модели утюга) при его эксплуатации во время паузы на подставке в горизонтальном положении подошвой вниз.

Согласно /4/ в среднем семья потребляет 120 кВт/ч электроэнергии в год на цели глажения. Это указывает на то, что утюг не является определяющим электропотребляющим прибором.

е) Телевизоры, радиоцентры, компьютеры.

Старые телевизоры снижают энергопотребление до 10% при напряжении 209 В в сравнении с 220 В. Однако телевизоры устаревших моделей не могут определять перспективы энергосбережения.

Современные цветные телевизоры не изменяют потребление энергии при изменении напряжения также, как и радиоцентры, компьютеры.

ж) Масляные и конвективные обогреватели.

Обогреватели со ступенчатым регулированием мощности могут дать энергосберегающий эффект, так как вполне вероятно, что на высоких ступенях происходит избыточное электропотребление, не требуемое комфортностью, но ступенчатость регулирования не позволяет устранить этот избыток при номинальном напряжении и снижение напряжения сети до 209 В неизбежно приведет к экономии. Процесс описывается здесь классическим законом Джоуля-Ленца.

Энергия

$$W = \frac{U^2}{R} t, \text{ Вт}\cdot\text{с,}$$

где U - напряжение сети, В;

R - активное сопротивление нагревателя, Ом;

t - время, с.

При эксплуатации обогревателей с бесступенчатым регулированием мощности экономия не ожидается.

и) *Стиральные машины, электробигуди, электрофены, электропылесосы, электробритвы, электропаяльники, электрогрелки и т.п.* не исследовались в силу того, что редкое применение этих приборов или ничтожное их электропотребление не может определять их решающего значения. Следует отметить, что все электроприборы могут нормально работать при напряжении 209 В, так как это напряжение является допустимым по международным и отечественным стандартам. Исключение составляет освещение, но следует еще раз напомнить, что речь идет об условиях грубой зрительной работы и речь не идет о лишении права населения пользоваться номинальным напряжением. Речь идет только о предоставлении возможности снизить размер платежей и продлить срок службы электроприборов.

В ситуации же, когда напряжение превышает величину 220 В (сплошь и рядом это происходит), то возможность его регулирования следует рассматривать как весьма важную услугу населению.

В настоящее время разработан и изготовлен опытный образец высокоэстетичного этажного электрощитка на 3 квартиры с добавленной функцией автоматического снижения напряжения на 5% при наличии нагрузки и входном напряжении 220 В и выше. Изделие разработано из расчета потребляемой квартирой мощности 3,2 кВт, что потребовало применить автотрансформатор мощностью 160 ВА. Управляющие сигналы регулирования по напряжению и току нагрузки формируются электронным счетчиком активной энергии, специально модернизированным Витебским заводом "Электроизмеритель". Здесь необходимо отметить, что энергосберегающая политика многих государств строится на расчетах населения за потребленную электроэнергию по системе ее учета по зонам суток. На этот путь сейчас становится и Российская Федерация.

Электронный счетчик Витебского завода "Электроизмеритель" предназначен для зонного учета и поставляется в Россию. Рано или поздно Республика Беларусь также придет к системе зонного учета электроэнергии и применение счетчика в разработанном Минским электротехническим заводом этажном электрощитке позволит безболезненно переходить на такую систему.

Минские электрощитки уже в ближайшее время могут применяться при строительстве и капремонте жилых, административных и общественных зданий. В разработке учтены требования специалистов институтов "Минскпроект" и "Белпроект", вытекающие из их знаний и опыта.

Конструкция электрощитка предусматривает воз-

можность установки устройства защитного отключения для гарантий пожарной безопасности и электробезопасности. Конструкция электрощитка имеет повышенную защиту против вандализма. После принятия на государственном уровне решения о переходе на расчеты за электроэнергию с населением по зонам суток разработка позволит развернуть широкую сеть услуг.

Электросчетчики завода "Электроизмеритель" позволяют также перейти на автоматизацию учета электроэнергии, что является немаловажным фактором при оценке перспектив разработки.

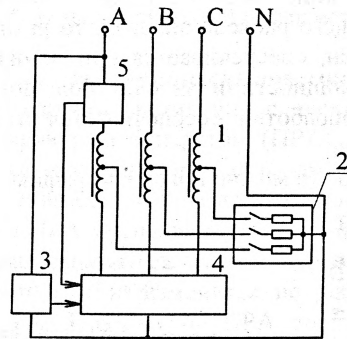
Распределенные в жилых, административных, общественных и производственных зданиях

Цель экономии электроэнергии может быть достигнута путем снижения напряжения по автотрансформаторной схеме в распределенных пунктах. Это решение может быть наиболее эффективным инструментом энергосбережения в некоторых случаях по следующим причинам:

а) уменьшаются удельные затраты, так как затраты распределяются на большее количество электроприемников. Например, можно решить задачу регулирования напряжения не для каждой квартиры в отдельности, а в целом на подъезд или несколько подъездов жилого дома. При этом применение электросчетчиков не всегда является обязательным.

б) Находящиеся в эксплуатации распределенные пункты могут быть легко модернизированы. Блок-схема представлена на рис. 4.

В настоящее время Минским электротехническим заводом создается образец вводно-распределительного устройства для жилого дома.



1-автотрансформатор; 2-нагрузка;
3-датчик напряжения; 4-ключ в цепи возбуждения
автотрансформатора; 5-датчик тока

Рис. 4.

Трансформаторные подстанции в городских и промышленных электросетях

Для цеховых подстанций крупных промышленных предприятий наиболее эффективным представляется применение сухих автотрансформаторов, включаемых в рассечку между вводным коммутационным аппаратом 0,4 кВ и сборными шинами по схеме на рис. 4. Минский электротехнический завод в настоящее время занят модернизацией одной подстанции мощностью 1000 кВА,

для которой создается сухой автотрансформатор мощностью 50 кВА. После всесторонней оценки результатов опытной эксплуатации и при положительных результатах заводом будет принято решение о модернизации всего парка подстанций завода и о продвижении на рынок энергосберегающей технологии для промышленных потребителей.

Выводы

Оптимизация уровней напряжения у конечного потребителя электроэнергии является существенным ресурсом энергосбережения и заслуживает того, чтобы это направление получило государственную поддержку, так как оно находится в поле экономических интересов народного хозяйства и может представлять собой одну из мер социальной защиты населения.

Литература

1. Семенов В.А. "Управление электрической нагрузкой". М., "Энергетика за рубежом", приложение к журналу "Энергетик", 2000, №1.
2. Кудрин Б.И., Прокопчик В.В. "Электроснабжение промышленных предприятий". Мн., Вышэйшая школа, 1988.
3. Скобелев В.М., Афанасьева Е.И. "Источники света и пускорегулирующая аппаратура". М., Энергия, 1973.
4. Альгаузен А.П. "Применение электронагрева и повышение его эффективности". М., Энергоатомиздат, 1987.
5. Вержбицкая В.Д., Корольчик Т.А. "Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания всех форм собственности". Мн., Белорусская ассоциация кулинаров, 1996.

БОРТОВОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ В КОНТУРАХ ТОРМОЗНОГО ПРИВОДА

Ю.Д. Карпиевич, кандидат технических наук, заведующий сектором Проблемной научно-исследовательской лаборатории автомобилей Белорусской государственной политехнической академии

Решению задач повышения технического уровня, надежности и конкурентоспособности автомобильной техники способствует внедрение в конструкцию автомобиля различных микропроцессорных систем управления.

Но внедрение в конструкцию автомобиля микропроцессорных систем управления качественно изменяет его как объект диагностирования.

Эффективное и безопасное автоматическое управление автомобилем возможно лишь при условии технически исправного состояния как системы управления, так и объекта управления.

В этой связи актуальной является задача обеспечения бортового диагностирования тормозов автомобиля и микропроцессорных систем управления ими за счет использования технических средств последних.

Необходимо также отметить, что качество и эффективность работы системы бортового диагностирования тормозов автомобиля и постановки правильного диагноза в значительной мере определяется достоверностью обрабатываемой ею информации, т.е. предполагает предварительное бортовое диагностирование датчиков давления жидкости в контурах тормозного привода.

Структурная схема системы бортового диагностирования датчиков давления жидкости в контурах представлена на рис. 1.

Ядром системы является микроЭВМ, в ПЗУ которой хранится программа диагностирования. Для связи микроЭВМ с объектом диагностирования используется устройство сопряжения, предназначенное для предварительной фильтрации входных информационных

сигналов и преобразования их в стандартную для микроЭВМ форму.



Рис. 1. Структурная схема системы бортового диагностирования датчиков давления жидкости в контурах тормозного привода

Устройство отображения информации служит для индицирования технического состояния датчиков давления жидкости в контурах тормозного привода.

В основу разработки метода бортового диагностирования датчиков давления жидкости в контурах тормозного привода были заложены программные методы контроля, постановка диагноза в которых производится путем сопоставления текущих значений информационных сигналов с наперед заданными нижним и верхним пределами диапазона измерения датчиков.

В качестве таких пределов для датчика давления жидкости в переднем контуре тормозного привода были выбраны P_{1min} , P_{1max} — соответственно нижний и верхний пределы диапазона измерения датчика, определяемых его конструкцией, а для датчика давления жидкости в заднем контуре тормозного привода были выбраны P_{2min} , P_{2max} — соответственно нижний и верхний пределы диапазона измерения датчика, определяемых его конструкцией.

Все возможные состояния измерительного канала