

УСТРАНЕНИЕ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А. Н. Попов

В статье приведены классификация и анализ существующих методов и технических средств устранения провалов напряжения. Рассмотрено разработанное устройство устранения провалов напряжения в промышленных электрических сетях. Приведены структурная и принципиальная схемы данного устройства.

Ключевые слова: качество электроэнергии, контроль, электрические сети.

Электричество является одним из главных благ цивилизации, без которого нельзя представить современную жизнь. Обеспечение потребителей электроэнергией направлено на удовлетворение их потребностей, а также является необходимым условием участия в коммерческом обороте, предпосылкой осуществления их производственной деятельности.

Спрос потребителей на электроэнергию с каждым годом увеличивается. По оперативным данным ОАО «Системный оператор Единой энергетической системы» (ОАО «СО ЕЭС»), потребление электроэнергии в Единой энергосистеме России в 2012 году составило 1016,3 млрд. кВт·ч, что на 1,6 % больше объема потребления в 2011 году. Потребление электроэнергии в 2012 году в целом по России составило 1038,1 млрд. кВт·ч, что на 1,7 % больше, чем в 2011 году [1]. Согласно официальным прогнозам, темпы роста только ускорятся, и к 2025 году планируется увеличить уровень потребления электроэнергии на 60-80 %.

ГОСТ Р 54149-2010 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» устанавливает нормы и показатели качества электроэнергии в сетях общего назначения в точках, к которым присоединяются электросети потребителей.

Однако, качество электрической энергии (КЭ) в месте ее производства не гарантирует ее качества на месте потребления. КЭ до и после включения электроприемников в точках их присоединения к электрической сети различно.

Нарушение КЭ оказывает существенное влияние на надежность и экономичность работы электрооборудования. Ухудшение КЭ приводит к ущербу, который несут потребители электроэнергии и само энергоснабжаю-

щее предприятие. Этот ущерб условно принято делить на электромагнитный и технологический.

Основными формами электромагнитного ущерба являются:

- увеличение потерь в элементах электрической сети;
- уменьшение срока службы и выход из строя электротехнического оборудования, а также устройств релейной защиты, автоматики, телемеханики, связи и др.

К технологическому ущербу относят снижение производительности и порчу технологического оборудования, что приводит к ухудшению качества, недоотпуску продукции и др. [1].

По данным комитета по стандартизации в области электромагнитной совместимости, из 150 крупных промышленных потребителей в различных регионах России 30% потребителей связывают выход из строя электрооборудования с некачественной электроэнергией. Около 28 % опрошенных потребителей отмечали снижение производительности механизмов, а 25 % – ухудшение качества выпускаемой продукции. Кроме того, более 40 % связывали сбои в средствах автоматики, телемеханики, связи, компьютерной техники с плохим качеством электроэнергии в сети [2].

По мнению одних специалистов, основной причиной несоответствия показателей КЭ в сетях потребителей требованиям стандарта является невысокий уровень технической и организационной подготовленности персонала по управлению КЭ. Значительная часть энергосистем (около 37 %) имеет низкий уровень оснащенности устройствами автоматической регулировки напряжения под нагрузкой (АРПН), что не позволяет обеспечивать поддержание напряжения в пределах, необходимых для нормальной работы потребителей электроэнергии.

По мнению других, проблема – в воздействии кратковременных нарушений электроснабжения на работу потребителей электрической энергии, которая становится все более острой по мере усложнения технологических процессов предприятий и использования средств автоматизации.

К примеру, провал напряжения в десятые доли секунды может привести к частич-

ной или полной остановке сложного автоматизированного производства. Прямой и косвенный ущерб в таких случаях может достигать в масштабах страны нескольких миллионов долларов в год.

Распределение причин нарушений работы технологического оборудования по частоте их возникновения представлено на рисунке 1.

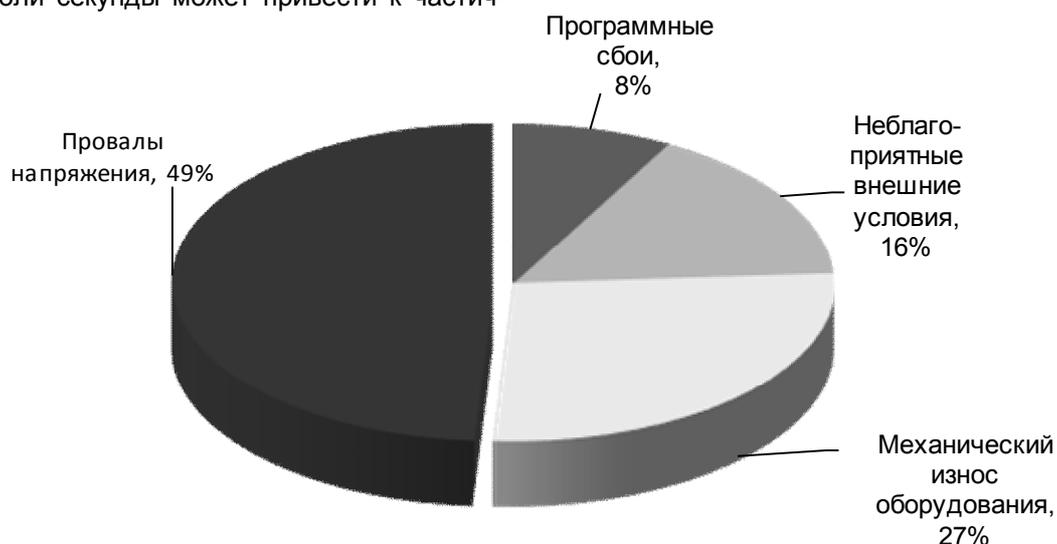


Рисунок 1 – Статистика причин нарушений работы технологического оборудования

Как видно из диаграммы на рисунке 1, большую часть причин, а именно 49 %, составляют нарушения, обусловленные глубокими провалами напряжения в электрических сетях.

При этом статистика продолжительности простоев оборудования, вызванных этой причиной, также показывает, что провалы напряжения являются главной причиной нарушений работы технологического оборудования промышленных предприятий.

Провалы напряжения обычно происходят из-за неисправностей в электрических сетях или в электроустановках потребителей, а также при подключении мощной нагрузки. Провал напряжения, как правило, связан с возникновением и окончанием короткого замыкания или иного резкого возрастания тока в системе или электроустановке, подключенной к электрической сети.

При включении больших нагрузок, как например, мощных электродвигателей, пусковые токи могут в разы превышать номинальные. Пусковые токи вызовут снижение напряжения, как в питающей сети, так и на стороне нагрузки. Масштаб явления связан с общим запасом сети по мощности, полным сопротивлением в точке общего подключения и полным сопротивлением кабелей. Прова-

лам, вызванным пусковыми токами электродвигателей, свойственны не слишком высокие значения уменьшения напряжения, но большая длительность, чем у тех, которые вызваны проблемами распределительной сети.

Одним из решений может быть применение устройств «мягкого пуска», которые позволяют снизить абсолютные величины провалов напряжения, распределив дополнительную нагрузку во времени. Другим решением может быть устройство по согласованию с компанией-поставщиком питающих цепей с меньшим полным сопротивлением, хотя такое решение может оказаться весьма затратным. Если причину провалов напряжения устранить не удастся, то необходимо оборудование, позволяющее компенсировать это явление. Как только будут проведены обследования системы по определению чувствительности оборудования к провалам напряжения, накоплена статистика данных, позволяющая определить источник возникновения провалов, только тогда можно определить способ решения данной проблемы по устранению глубины и продолжительности провала.

УСТРАНЕНИЕ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Наиболее распространенными способами устранения провалов напряжения на сегодняшний день являются:

- создание схем надежного питания систем возбуждения для повышения устойчивости работы синхронных электродвигателей;

- согласование схем подключения катушек управления магнитными пускателями со схемой обмоток питающего силового трансформатора 6(10)/0,4 кВ для уменьшения вероятности отключения магнитных пускателей ответственных электродвигателей при наиболее частых видах повреждений – однофазных коротких замыканиях в сетях 110 кВ [16];

- применение контакторов управления с «защелкой», удерживающей их во включенном положении независимо от наличия напряжения в цепи управления;

- применение схемы управления электродвигателями с дополнительным промежуточным реле;

- использование специальных схем, предусматривающих повторное включение электродвигателей несколькими последовательными очередями;

- применение современной микропроцессорной релейной защиты и автоматики, позволяющих: увеличивать быстродействие защит; сокращать ступени селективности по времени; применять в необходимых случаях принцип логической селективности и отказаться от ступеней селективности по времени; осуществлять диагностику состояния электрооборудования и тем самым предотвращать возможные аварии [1];

- использование схемы обычного автоматического ввода резерва (АВР) или автоматического повторного включения. Обычное АВР обеспечивает включение резервного питания после отключения вводного выключателя и после затухания напряжения на резервируемой секции. На промышленных предприятиях необходимо обеспечивать безотказную работу схем АВР на напряжении 10(6) и 0,4 кВ;

- внедрение специальных устройств для выполнения быстродействующего АВР (БАВР) на напряжении 10 (6) кВ;

- обеспечение уровня напряжения в сети и отпадения пускателей и контакторов при снижении напряжения (оно должно находиться в интервале 35–60 % Уном);

- разработка схемы, позволяющей выполнить выдачу общего сигнала с выдержкой времени при самозапуске в цепи управления электродвигателей 6 и 0,4 кВ;

- правильная настройка работы систем контроля и управления технологическими процессами и АСУ технологического процесса в целом, основывающаяся на расчете критического времени перерыва в питании, которое определяется критическими значениями параметров технологического процесса и законами их изменения при выбеге механизмов, потерявших питание;

- подключение особо важных потребителей от третьего независимого источника питания. Питание системы противоаварийной автоматики, согласно п. 1.2.13 ПУЭ отнесенной по соображениям надежности к особой группе 1-й категории, должно осуществляться дополнительно от третьего источника, как правило, не являющегося источником энергии системы;

- контроль коэффициента загрузки и тока возбуждения СД. Работа в нормальных режимах СД с токами возбуждения, близкими к номинальным, обеспечивает наибольший возможный синхронный момент и ускоряет достижение потолочного значения тока при форсировке возбуждения [3];

- подключение мощных высоковольтных электродвигателей через устройства безударного (плавного) пуска (УПП). Прямой пуск высоковольтного электродвигателя сопровождается 6–8-кратным броском пускового тока, создающим ударный электромагнитный момент, передающийся через вал двигателя на приводимый в движение механизм;

- выделение питания резкопеременной нагрузки на отдельную секцию шин, включение ее по отношению к чувствительным электроприемникам через ветвь сдвоенного реактора или трансформатора с расщепленной обмоткой.

Однако такие способы снижения влияния провалов напряжения на потребителей могут быть недостаточны ввиду сложившегося соотношения мощностей присоединяемой резкопеременной нагрузки. В этом случае эффективным является применение управления реактивной мощностью для производительности сети переменного тока, т. е. компенсация реактивной мощности (КРМ).

КРМ предназначена для поддержания нагрузки и напряжения. В дополнение: повышение значения коэффициента мощности системы для сбалансирования реальной мощности от сети переменного тока, усиление регулирования напряжения, а также устранение гармонических составляющих крупных колебаний нелинейных промышленных нагрузок. Поддержание напряжения, как пра-

вило, требуется для уменьшения колебания напряжения в линии электропередачи. КРМ повышает стабильность системы переменного тока за счет увеличения максимальной активной мощности, которая может быть передана [4].

Продольная и поперечная компенсации реактивной мощности используются для изменения естественных электрических характеристик систем переменного тока. Последовательная компенсация изменяет параметры передачи или системы распределения, в то время как поперечная компенсация изменяет эквивалентное сопротивление нагрузки. В обоих случаях, реактивной мощностью, которая течет через систему, можно эффективно управлять, повышая производительность системы в целом.

На сегодняшний день существует достаточно большое количество устройств компенсации реактивной мощности, позволяющих

регулировать показатели качества электроэнергии, однако даже лучшие из существующих имеют ряд существенных недостатков, ограничивающих их широкое применение в промышленном электроснабжении. Наиболее эффективными и целесообразными для применения и возможной дальнейшей модернизации считаются устройства, обладающие микропроцессорными системами управления.

Таким образом, возникла необходимость в разработке устройства устранения провалов напряжения, лишенного недостатков существующих аналогов.

Разработанное устройство основано на принципе поперечной компенсации. Устройство можно разделить на несколько функциональных блоков, каждый из которых выполняет определенную функцию. Структурная схема устройства представлена на рисунке 2.

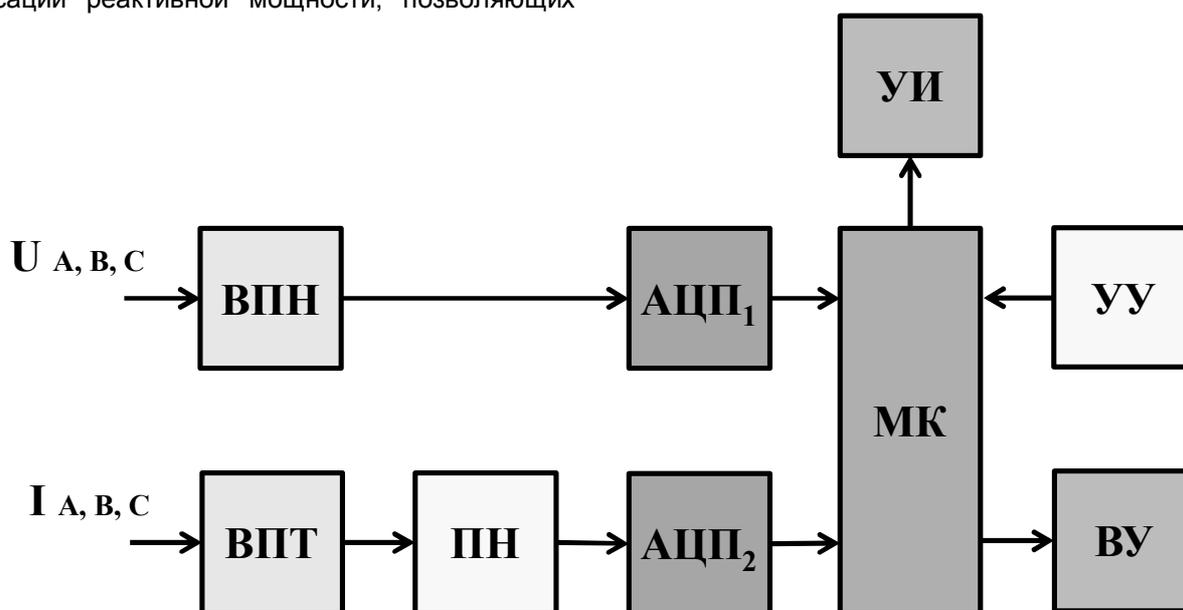


Рисунок 2 – Структурная схема разработанного устройства

Здесь входные преобразователь тока (ПТН) и преобразователь напряжения (ВПН) – это устройства, предназначенные для преобразования параметров электрической сети. Измерения тока сети производится при помощи датчика тока, основанного на эффекте Холла. Входной преобразователь напряжения предназначен для гальванической развязки низковольтных цепей устройства от силовой цепи, защиты от возникающих в силовой цепи импульсов перенапряжения и помех, которые могут вывести из строя чувствительную низковольтную аппаратуру устройства или создать помехи ее работе. В анало-

го-цифровом преобразователе (АЦП) входным сигналом является напряжение, выходным – соответствующий этому значению цифровой код. Микроконтроллер (МК) накапливает данные об измерениях. Устройство управления (УУ) предназначено для управления режимов работы разработанного устройства. Выходное устройство (ВУ) предназначено для передачи выходного управляющего сигнала, формируемого МК, на исполнительные механизмы либо передачи данных на регистрирующее устройство. Устройство индикации (УИ) предназначено для наглядно-

УСТРАНЕНИЕ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

го представления процессов происходящих в сети, путем вывода данных на дисплей.

На рисунке 3 представлена принципиальная схема разработанного устройства.

Моделирование работы устройства проводилось в среде Proteus. Полученные результаты совпали с теоретически прогнозируемыми, что позволило доказать правильность проектирования устройства.

Разработанное устройство позволяет повысить надежность ответственного технологического оборудования путем устранения провалов напряжения в питающей его сети с помощью управления мощностью ступенчато-регулируемых компенсирующих устройств, что сократит экономические потери из-за перерасхода сырья, брака, повреждения оборудования и недоотпуска готовой продукции.

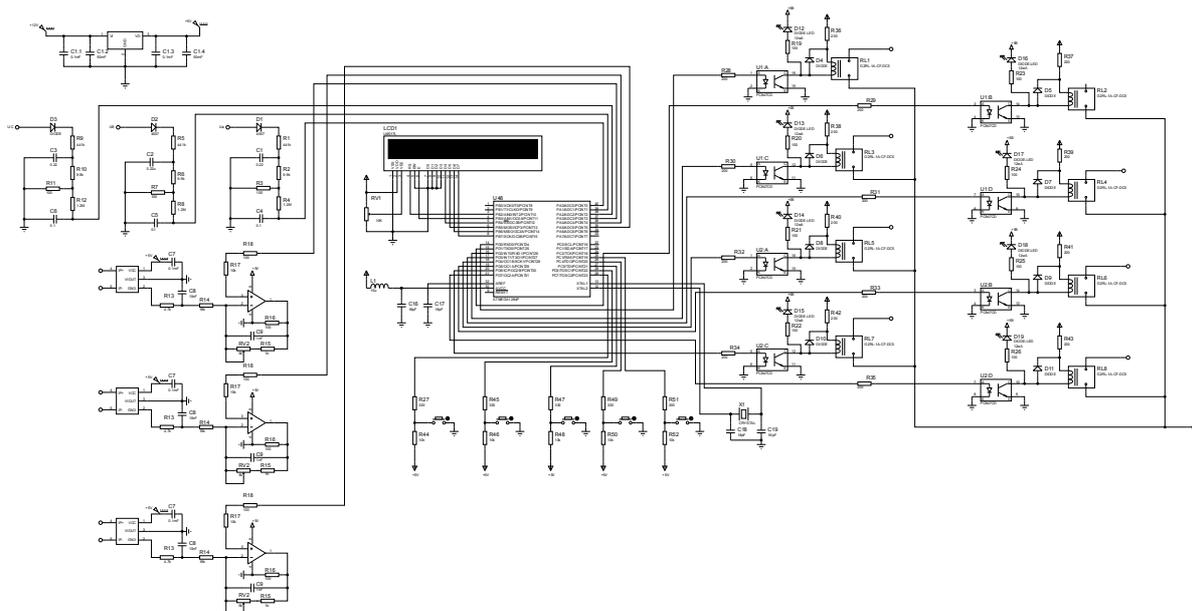


Рисунок 3 – Принципиальная схема разработанного устройства

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 54149 — 2010 ССБТ. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Текст]. – М. : Изд-во стандартов, 2012. – 20 с.
2. Энергетическое развитие [Электронный ресурс]. – Адрес ресурса в интернете. – http://www.isedc-u.com/index.php?option=com_content&view=article&id=685:-2012-16-&catid=13:news&Itemid=29&lang=ru.
3. Тимофеев, А. С. Компенсация реактивной мощности [Текст] / А. С. Тимофеев, Г. З. Зайцев. – Новокузнецк, 2010.
4. Кабышев, А. В. Компенсация реактивной мощности в электроустановках промышленных предприятий [Текст] : учебное пособие / А. В. Кабышев; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во томского политехнического университета, 2012. – 234 с.

Попов А. Н., к.т.н., доцент, E-mail: oleandr78@mail.ru, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий», +7(385-2) 29-07-76.