

# Пришло время защищать правильно

Все потребители электроэнергии сталкиваются с проблемами аварий в электросети. Сгоревшее оборудование или электроприборы – это только «цветочки» по сравнению с «ягодками», которые могут появиться вследствие этих аварий: пожары, взрывы, техногенные катастрофы, – далеко не полный перечень трагических последствий. По данным МЧС РФ, более трети всех пожаров имеют электротехническое происхождение. Трудно оценить материальный ущерб, даже если не произошло трагедии. Стоимость сгоревшего оборудования порой ничтожно мала по сравнению с потерями, связанными с остановкой производства, простоем технологических процессов, демонтажом-монтажом, ремонтом или заменой вышедшей из строя установки.

## 1. Что такое – защита электрооборудования.

Совершенно очевидно, что электрооборудование необходимо защищать. Вот, например, как трактует ПУЭ (редакция 2002 года), раздел 3, глава 3.1 «Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ», это понятие: «...3.1.8. Электрические сети должны иметь защиту от токов короткого замыкания, обеспечивающую по возможности наименьшее время отключения и требования селективности.

Кроме того, должны быть защищены от перегрузки ...осветительные сети в жилых и общественных зданиях, в торговых помещениях, служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий, включая сети для бытовых и переносных электроприемников (утюгов, чайников, плиток, комнатных холодильников, пылесосов, стиральных и швейных машин и т. п.), а также в пожароопасных зонах;

силовые сети на промышленных предприятиях, в жилых и общественных зданиях, торговых помещениях - только в случаях, когда по условиям технологического процесса или по режиму работы сети может возникать длительная перегрузка проводников...».

Как видим, в понятие «защита электрооборудования», прежде всего, вкладывается смысл защиты последнего от токов короткого замыкания и перегруза, которые могут появиться в электрических сетях. Это связано с тем, что при возникновении короткого замыкания в сети протекают токи, намного превышающие допустимые и приводящие к серьезным повреждениям. По сути, задачей защиты является локализация поврежденного («закоротившего») оборудования и исключения его из сети. В общем случае, защита от короткого замыкания защищает неповрежденное оборудование, в котором к.з. не произошло. Таким образом, если уж произошло к.з., необходимо сохранить оставшихся потребителей и питающие сети, а «закоротившее» оборудование вывести из схемы и отправить в ремонт.

Возникает вопрос: можно ли предвидеть к.з., предвосхитить его появление, защитив оборудование от причин возникновения к.з., т.е., защитить оборудование до появления к.з.? Иными словами, можно ли защитить оборудование так, чтобы к.з. не возникало. В общем случае ответ отрицательный. Причин, вызывающих к.з., очень много и всех их предвидеть и предусмотреть невозможно.

Однако, если проанализировать причины появления к.з. в электрооборудовании, можно сказать, что большинство их – следствие некачественного сетевого напряжения. Например, для асинхронных электродвигателей более 80% внутренних повреждений связаны напрямую или косвенно с некачественным сетевым напряжением. Под некачественным напряжением будем понимать отклонения его параметров от строго установленных ГОСТами. Попробуем подробнее разобраться в этом вопросе.

## 2. Показатели качества электроэнергии.

Электроприборы и оборудование предназначены для работы в определенной электромагнитной среде. Электромагнитной средой принято считать систему электроснабжения и присоединенные к ней электрические аппараты и оборудование, связанные кондуктивно и создающие в той или иной мере помехи, отрицательно влияющие на работу друг друга. При возможности нормальной работы оборудования в существующей электромагнитной среде, говорят об электромагнитной совместимости технических средств.

Единые требования к электромагнитной среде закрепляют стандартами, что позволяет создавать оборудование и гарантировать его работоспособность в условиях соответствующих этим требованиям. Стандарты устанавливают допустимые уровни помех в электрической сети, которые характеризуют качество электроэнергии (КЭ) и называются показателями качества электроэнергии (ПКЭ).

Требования к качеству электрической энергии на территории РФ определяет **Межгосударственный стандарт: "Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения" ГОСТ 13109-97.** К основным показателям качества электрической энергии, определяемых этим ГОСТом относятся:

- отклонения напряжения, связанные с графиком работы нагрузки;
- колебания напряжения при резкопеременном характере нагрузки;

- несимметрия напряжений в трехфазной системе при несимметричном распределении нагрузки по фазам; несинусоидальность формы кривой напряжения при нелинейной нагрузке;
- отклонение фактической частоты переменного напряжения от номинального значения в установившемся режиме работы системы электроснабжения;
- провалы напряжения – внезапное и значительное снижение напряжения (менее 90%  $U_{ном}$ ) длительностью от нескольких периодов до нескольких десятков секунд с последующим восстановлением напряжения;
- временные перенапряжения – внезапное и значительное повышение напряжения (более 110%  $U_{ном}$ ) длительностью более 10 миллисекунд;
- импульсные перенапряжения – резкое повышение напряжения длительностью менее 10 миллисекунд, достигающие тысяч вольт.

Причин, вызывающих, ухудшение КЭ множество. Назовем лишь некоторые: аварии на подающей подстанции, к.з. в распределительной сети, грозовые и коммутационные возмущения, неравномерность распределения нагрузки по фазам, резкие сбросы электроэнергии, срабатывание средств защиты и автоматики, электромагнитные и сетевые возмущения, связанные с работой мощной нагрузки, пр.

ГОСТ устанавливает два вида норм для ПКЭ: нормально-допустимые и предельно-допустимые. Рассмотрим, на примере отклонения напряжения от номинальных значений, чем грозит электрооборудованию выход за допустимые значения (см. табл. № 1)

ГОСТ устанавливает нормально и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения на зажимах электроприёмников в пределах соответственно  $\delta U_{нор} = \pm 5\%$  и  $\delta U_{пред} = \pm 10\%$  номинального напряжения сети.

**Таблица № 1. Влияние отклонения напряжения на электрооборудование**

Электрооборудование	Снижение на 10% от $U_n$	Превышение на 10% от $U_n$
Асинхронные электродвигатели	Момент двигателя изменяется пропорционально квадрату напряжения	
	Момент двигателя снижается на 19%. Температура повышается на 7°C. Увеличивается время пуска. Скольжение повышается на 27,5%, ток ротора – на 14%, ток статора 10%.	Увеличенный момент двигателя, служит причиной перегрузки валов, ременных передач, увеличивается пусковой удар. Пусковой ток повышается на 12%, вращающий момент на 21%, коэффициент мощности снижается на 5%.
Осветительные приборы (лампы накаливания, люминесцентные, инфракрасные, ртутные, газонаполненные, балластные сопротивления, стартеры, конденсаторы)	Срок службы ламп накаливания изменяется пропорционально напряжению в степени 13,1, светоотдача – 3,4, светоотдача на 1 кВт-час – в степени 1,8	
	Для нормального освещения потребуется на 30% больше ламп накаливания, на 15% – люминесцентных. Световой поток снижается на 10%.	Срок службы ламп накаливания снижается в 2,5 раза. Возрастает температура балластных сопротивлений, инфракрасные источники света увеличивают выделение тепла на 21 %.
Электронная аппаратура	Срок службы электронных компонентов сокращается в 4 раза. Возникают ошибки цифровой техники. Выходит из строя программное обеспечение.	
	Тиратроны выходят из строя в течение нескольких минут	Сгорают сетевые фильтры, блоки питания, адаптеры

Очевидно, что работа электрооборудования даже на пределах допустимых значений, не только значительно сокращает срок его службы и снижает эффективности работы, но зачастую приводит к выходу его из строя.

Не будем подробно останавливаться на том, какие конкретно повреждения возникают при тех либо других отклонениях ПКЭ от допустимых значений. В конечном итоге, все сводится к пробое изоляции – по причине ее ускоренного старения, связанного с нагревом, вызванным пониженным напряжением, нарушением симметричности и полнофазности; пробоем, связанным с резким и значительным повышением напряжения, прочее. Несомненно, что применение устройств, защищающих оборудование от некачественного напряжения, позволит резко увеличить срок эксплуатации электрооборудования, во многом устранить причины, вызывающие короткие замыкания а, значит, порчу электроприборов.

### 3. Два вечных русских вопроса: «кто виноват» и «что делать»?

Международной Электротехнической Комиссией (МЭК) разработаны стандарты по обеспечению защиты от сетевых аварий. Это, в первую очередь:

- IEC 60364-4-44 (2001) «Электрические устройства зданий. Часть 4-44. Защита для обеспечения безопасности. Защита от резких отклонений напряжения и электромагнитных возмущений»;
- IEC/TR 62066 (2002) «Перенапряжения и защита от выбросов напряжения в низковольтных системах питания переменного тока. Общая основная информация».

Эти материалы устанавливают единые нормы и правила при проектировании, устройстве и эксплуатации электрических сетей. Но, это, – международная практика, предписывающая защищать потребителей даже в их сетях, с более жесткими требованиями к ПКЭ. А, что же у нас? К сожалению, в действующих отечественных директивных материалах (ГОСТ, ПУЭ, ПТЭ, и т.д.) на сегодняшний день применительно к электроустановкам до 1000 В отсутствуют предписания об обязательной установке защитных устройств от некачественного сетевого напряжения. В последних редакциях ПУЭ появились, правда, требования по установке защит от грозовых и импульсных перенапряжений. Но как быть с напряжением сетевым, не выдерживающим никакой критики по качеству?

Ответ подсказала жизнь. Требовать от энергопоставляющих компаний выдерживать качество напряжения – путь бесперспективный. Хотя бы потому, что доказать факт наличия некачественного напряжения очень трудно, если не сказать невозможно. Кроме того, аварийные режимы по напряжению не всегда связаны с энергопоставляющей организацией. Те потребители, которым важно сохранить собственное оборудование, те, которым не нужны тжбы с энергопоставляющими организациями по поводу плохого, не соответствующего ГОСТу напряжению, давно по своему усмотрению применяют различные устройства, не являющиеся обязательными с точки зрения ПУЭ, но которые полностью соответствуют всем требованиям для применения в электроустановках и обеспечивают сохранность оборудования от следствия плохого напряжения.

Речь идет о всевозможных реле напряжения, реле контроля фаз, мониторах напряжения, прочее. Такие приборы должны наиболее достоверно сигнализировать об отклонениях питающего сетевого напряжения и/или самостоятельно управлять коммутационными аппаратами, которые, в свою очередь включают/отключают электрооборудование. С помощью таких устройств также организованы схемы АВР. Кстати, применение полноценных мониторов напряжения в схемах АВР дает наиболее правильный алгоритм работы АВР (в отличие от «слепых» АВР на магнитных пускателях).

Итак, устройства, изначально предназначенные для сигнализации о параметрах напряжения, потребители начали применять для защиты своего оборудования от некачественного напряжения.

### 4. Пики или действующие значения.

Задача понятная, но не очень простая. К примеру, по какому уровню напряжения надо срабатывать? Из теории электротехники всем известно, что самое правильное срабатывать по действующему значению напряжения. Тут первая проблема. Если бы напряжение было строго синусоидальным, то действующее значение определяется очень просто: максимум, деленный на корень из 2. Но где вы видели в сети синусоиду? (Кстати, еще одно отклонение от ГОСТа). Действующее значение периодической функции можно определить только с помощью применения сложного математического расчета. На заре создания первых реле напряжений дешевое устройство на аналоговых элементах и определяющее действующее значение напряжения создать было практически невозможно. Поэтому стали применять разные компромиссные методы: срабатывание по длительным пикам, фильтрации высших гармоник и т.д. Но достоверной защиты не получалось. Каждый компромисс тянул за собой цепочку недостатков. Например, если процент высших гармоник высок, то их уже надо учитывать, т.к. действующее напряжение при этом будет меняться, и т.д. Работа по пикам только в некоторых случаях может оказаться достоверной – когда этот пик достаточно продолжительный. Но как на аналоговой пороговой схеме отстроиться от кратковременных пиков, не опасных для большинства электрооборудования ?

Теперь о временах срабатывания. Они должны быть, с одной стороны, как можно меньше, с другой – есть виды отклонений по напряжению, возникающие достаточно часто, но действующие кратковременно и не оказывающие ощутимого вредного воздействия. Например, коммутационные перенапряжения, длящиеся несколько периодов (20-100 мсек.) или кратковременные просадки напряжения, связанные с пуском электродвигателей и включением нагрузки. А тяжелые аварии, такие, как обрыв фаз, нужно отключать как можно быстрее. Т.е., возникла задача различать виды аварии и по каждому из них принимать соответствующее решение. К сожалению, в большинстве существующих на сегодняшний день защитных устройствах эта задача не решена. В преимущественном большинстве существующих реле для отстройки от пусковых просадок выполнена принудительная задержка на срабатывание, причем, в связи с тем, что невозможно различить вид аварии, эта задержка, предназначенная для отстройки только от пусковых просадок, распространяется на все виды аварий, в том числе и на те, которые надо отключать быстро. А если учесть, что задержку надо выполнить не менее 10 сек, то понятно, почему такие приборы нельзя назвать полноценной и достоверной защитой.

## 5. Цифра или аналог.

Сейчас эра аналоговых устройств если не закончилась полностью, то в стадии окончания. Дело даже не в том, что невозможно организовать сложную логику действия. В принципе, все можно, но какое же сложное схематически будет это устройство! Отсюда – надежность. Но, главное – точность аналоговой схемы очень сильно зависит от окружающей среды, в первую очередь, от температуры, а также от характеристик самого измеряемого напряжения. Не говоря уже о том, что изменение любого параметра – фактически новая схема.

Взамен аналоговым приборам приходят на смену цифровые микропроцессорные. Сегодня стало возможно на базе микропроцессоров создавать приборы практически с логикой любой сложности. О преимуществах цифровой технологии, в том числе, применительно к защитным устройствам, сказано много и ни у кого не вызывает сомнений в явных преимуществах техники нового поколения перед аналоговыми приборами. Но дешевые изделия пока производить не всем под силу. Даже такие гиганты, как АБВ, Шнайдер, Мюллер, Сименс и др. цифровую технику, со сложной логикой действия, начали применять в защитных устройствах высокого напряжения, где цена не всегда имеет большое значение. А в устройствах до 1000 В снова компромисс. Изделие электронное, вроде бы цифровое, но пороговое! Т.е., выполненное на компараторах, принимающих решение «да» или «нет». Фактически сохраняется узкая логика аналогового прибора, только ушли от зависимости от внешних условий.

По-настоящему цифровые микропроцессорные устройства с широким набором защитных функций и сложной логикой действия для широкого потребления, т.е. низкие по цене, создать под силу немногим. Доказательством этого может служить экспозиция любой специализированной выставки, каталоги зарубежных и отечественных производителей, прочее.

## 6. «Наш ответ Чемберлену».

В эпоху рыночной экономики, несмотря даже на «прорехи» в ПУЭ, нет недостатка в предложении реле контроля сетевого напряжения. Причем на рынке представлены как иностранные, так и отечественные производители. Перед потребителем неизбежно встает вопрос, по каким параметрам следует выбирать реле. С одной стороны оно должно стать надежным заслоном на пути недоброкачественной энергии от электросети к нагрузке. С другой стороны, быть надежным и недорогим.

Для объективного анализа нами была сделана репрезентативная выборка: иностранные производители – АБВ, Siemens, Schneider, которые, несомненно, являются лидерами отрасли и отечественные производители – Меандр, Новатек-Электро, наиболее активно конкурирующие с иностранцами в данном секторе производства.

Оговоримся, что принятое до сих пор деление реле на группы по совокупности тех или иных параметров, было связано не столько с потребностью самого потребителя в некотором наборе функций, сколько в невозможности реализовать полноценный мониторинг за напряжением в одном малогабаритном устройстве. Получив в свои руки мощный инструмент контроля, потребитель сам сможет выбрать необходимый ему набор контролируемых параметров, исключая из измерения ненужные. Поэтому, для сравнения были выбраны приборы, которые больше всего подходят под термин «мониторы» напряжения (универсальные реле напряжения, по принятой классификации), одно 3-х фазное и одно 1-но фазное реле от каждого из производителей.

Основными критериями, характеризующими работу реле, должны служить их **универсальность и функциональность**.

Реле должны быть **цифровыми**, т. к. реализовать сложную логику действий, точность и надежность, возможно лишь на базе микропроцессорной техники.

Принятие решений о выходе за контролируемые параметры должно осуществляться по **действующему** или близкому к нему **среднему** за период значению напряжения. Работа по пиковым значениям напряжения приводит к ложным срабатываниям.

Наличие широкого диапазона **регулируемых уставок**, тоже является несомненным преимуществом реле.

**Схема питания** реле должна быть организована от самого измеряемого напряжения, от 3-х фаз одновременно для 3-х фазного реле, чтобы сохранить информативность при наличии хотя бы одной фазы.

Анализ таблицы № 2 со всей очевидностью показывает все недостатки и все достоинства отдельных производителей.

Все **иностранные** производители производят контроль по пиковым значениям напряжения, что сужает возможность использования их продукции в энергонасыщенных производствах, где электрические сети изобилуют «лишними» гармониками, коммутационными возмущениями, длительными переходными процессами, мощными электромагнитными помехами. Во всех представленных реле, функции мониторинга разнесены на несколько реле. В результате потребителю приходится переплачивать вдвое, а иногда и втрое (см. АБВ – контроль только фазных напряжений, Сименс-2 реле + придется брать третье для измерения  $U_{max}$ , Шнайдер - не хватает измерения перекаса фаз, придется брать второе, однофазное реле измеряет только  $U_{max}$  или  $U_{min}$  и т. д.). Не известно как эти несколько реле будут согласованы друг с другом по тактовой частоте. Нет отдельной регулировки задержки по  $U_{min}$ , введена принудительная задержка на все виды аварий, чтобы отстроиться от пусковых токов. А это значит, что если во время пуска произойдет тяжелая авария, например, обрыв фаз, то реле будет «ждать» и,

тем самым, погубит нагрузку. Нет отдельной регулировки времени АПВ, как правило, задержка на срабатывание, является задержкой на включение, что сужает возможность их использования для управления электрооборудованием с длительными переходными процессами (например, компрессорным и холодильным оборудованием). Неясно как реагируют указанные реле на такую тяжелую аварию, как «слипание» фаз. Скорее всего, никак, т. к. для западных сетей, такая ситуация «нонсенс», а для наших обычная реальность. Невысокий уровень работоспособности при перенапряжениях, для наших сетей необходим не менее 1,5-2-кратный запас по напряжению. Нижняя граница рабочих температур  $-20^{\circ}\text{C}$ , что слишком мало для наших суровых условий. Ни один производитель не торгует напрямую, а только через своих дилеров. А это значит, будут проблемы с информационным обеспечением и с поставками. Например, описание реле CM-MPS фирмы АВВ, которое является достаточно новым изделием, удалось добыть с трудом и то только на английском языке. Ни один сайт иностранных производителей не дает исчерпывающую техническую информацию. Цена изделий необоснованно завышена, – нет ни одного реле дешевле 100 \$, как бы мало оно не могло делать.

Реле трех **отечественных** производителей наглядно показывают две тенденции, сложившиеся в отечественном приборостроении в подходе к данному вопросу.

Одни в, данном случае Меандр, пошли по пути дальнейшей модификации реле серии ЕЛ. Можно сказать, что в этом движении они ушли от некоторых пороков, присущих данным изделиям. Но, в целом, сохранилась узкая логика аналоговых устройств, низкая надежность, зависимость от температуры окружающей среды и характеристик самого питающего напряжения.

Другие, такие как Новатек-Электро, Инженерное оборудование не только взяли на вооружение все лучшее от западных производителей, но и ушли далеко вперед. Возможность работы в двух типах сетей, контроль действующих и средних значений, наличие логики в принятии решений и большого количества регулировок в широком диапазоне, пр. – все это указывает на присутствие достаточно мощного процессора, поддерживаемого продуманным программным обеспечением. Реле лишены практически всех недостатков, которыми наделены изделия других производителей. Они изначально создавались для тяжелых условий отечественных сетей, жестких, порой экстремальных, условий эксплуатации. Тщательнейший подбор элементной базы, контроль качества сборки на каждом этапе и на выходе, позволили достичь высочайшей надежности, не более двух отказов на тысячу изделий.

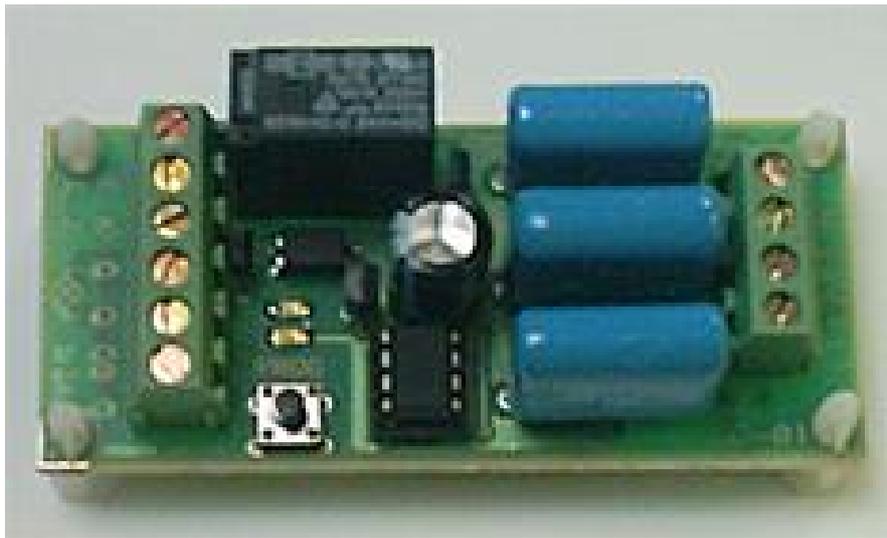
## 7. Выводы.

Время защищать правильно действительно пришло. Растущее энергопотребление предприятий, энергонасыщенность бытового потребителя приводят к увеличению числа сетевых аварий. Остро назрела необходимость привести ПУЭ к нормам международного права в данной области. Эти правила должны не только регламентировать необходимость, место и способы защиты, но и ввести общие требования к приборам, защищающим от аварий сетевого напряжения. Это положит конец волюнтаризму в этой сфере, когда каждый производитель навязывает потребителю свое видение проблемы, которое, зачастую, очень далеко от идеала. Такая постановка вопроса позволит, во-первых, расчистить рынок от завалов электронного хлама «лжезащит», а, во-вторых, освободит дорогу устройствам, способным надежно, качественно, а главное – **правильно**, защитить потребителя.

**Таблица № 2. Сравнительная характеристика реле контроля напряжения**

Параметры реле		Иностранные производители							Отечественные производители						
		ABB		Siemens			Schneider		Меандр			Новатек-Электро			Инженерное оборудование
		CM-MPS	CM-EFN (C553)	3UG30		3UG35 35	RM4-TR32	RM4-UA33	РКН 3-01	ЕЛ12М -6-01	РКН-1-220В	РНПП-301	РН-311	РН-111	FC-01
12	13														
Un, В перем.	220		+			+		+			+			+	+
	380	+		+	+		+		+	+		+	+		+
	Автоопределение линейного фазного			+	+		+					+			
Контроль U	Значение	среднее за период												+	+
		действующее												+	+
		пиковое	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
	Регулировка Umax, В	120-280	220-300			220-275	420-580	50-500	167-260	286	176-286	399-475	165-209	230-280	230-280
	Регулировка Umin, В	90-220	160-220		320-460	65-220	300-430	30-300	161-253	154	154-176	285-361	231-275	160-210	180-210
	Амплитудный перекоc, %	2-15		5-20							5-20		5-20	27	20
	Обрыв фазы	+		+	+		+		+	+		+	+		+
	Чередование фаз	+		+	+		+		+	+		+	+		+
	Слипание фаз								+	+		+	+		+
	Перекалибровка номинального напряжения к величине текущего														170-400
Контроль F	Отклонение не более 5%														+
Задержки, сек	Срабатывание по всем авариям	0,1-10	0,1-3	0,5-10	0,2-10	0,1-3	0,1-10	0,05-30	0-240	0,1-10	0,1-10	0-10	1,5(0,1)	0,1	0,1 – 5 отдельные по каждой аварии
	По Umin (от пусковых токов)											0-20	12	12	5
	Время АПВ (авт. повторное включение)	0,1-10	0,1-3	1	0,5	0	0	0	0-240	360	6	0-600	5-250	5-250	5
Количество регулируемых параметров		4	3	2	2	3	3	3	3	2	3	6	2	3	2
Количество выходных контактов; макс. ток		2; 4	1; 8	1; 8	2; 8	1; 8	2	2	1; 10	2; 5	1; 8	2; 5	2; 2	2;16	1;16
Питание	от измеряемого U (1-3 фаз)	+(3)	+(1)	+(2)	+(2)	+(1)	+(3)	+(1)	+(3)	+(3)		+(3)	+(3)	+(1)	+(1 или 3)
	от отдельного источника														
Индикация	раздельная на каждую аварию					+	+		+		+	+			+
	совмещенная	+	+	+	+			+		+			+	+	
	в т.ч. удаленная														+
Степень защиты, диапазон раб. t°С		IP50, -20+50	IP50, -20+60	IP50, -20+60	IP50, -20+60	IP50, -20+60	IP40, -30+70	IP40, -30+70	IP40, -20+60	IP40 -20+55	IP40, -25+60	IP40, -35+55	IP40 -35+55	IP40 -35+55	Откр. исполнение -30+60
Работоспособность при U, % от Uном.			30-120	80-120	85-120	25-125	80-150	25-150	75-120	50-140	70-180	30-150	30-150	30-200	70-180
Цена, \$ США		155	150	125		130	180	170	46	38	38	55	30	30	36

## Преимущества устройства контроля фаз FC-01



- Автоматическое определение одно/трехфазная сеть
- Измерение среднего значения (площадь синусоиды)
- Распознавание различных аварий сети:
  - обрыв фазы
  - снижение или превышение напряжения фазы
  - резкий провал или заброс фазы
  - неверное чередование фаз
  - амплитудный перекося фаз
  - отклонение частоты сети
- Точность измерения и калибровки 1%
- Программирование параметров одной кнопкой
- Различное время реакции на каждую аварию
- Раздельная индикация на каждую аварию
- Возможность перекалибровки номинального напряжения к величине текущего
- Запоминание максимального перенапряжения
- Возможность подключения удаленной индикации

---

*Примечание:* При написании статьи использованы материалы сайта <http://www.novatek-electro.com/>



**ЗАО «Инженерное оборудование»**  
**101000, г. Москва, ул. Покровка, 12, стр. 1**  
**(495) 956-07-25, 925-39-20**  
**WWW.ENEQ.RU**