

А.А. ЧЕПЕЛЮК, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ"

К ВОПРОСУ КЛАССИФИКАЦИИ РЕЛЕ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ БЫТОВЫХ ОДНОФАЗНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ОТ НЕДОПУСТИМЫХ ОТКЛОНЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ В ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ

Приведена классификация реле напряжения для защиты бытовых однофазных потребителей электрической энергии от недопустимых отклонений напряжения в питающей сети. Выделены основные признаки классификации реле напряжения: назначение, конструктивное исполнение, номинальная мощность и номинальный ток реле, способ технической реализации, вид выходного коммутирующего элемента, пороги срабатывания по напряжению, время задержки повторного включения, сигнализация состояния реле, наличие внутренних защит, наличие дополнительных функций и другие признаки. Проведенная классификация систематизирует информацию относительно конструктивных, технических и функциональных особенностей таких реле, а также демонстрирует современный уровень технического развития этих реле.

Ключевые слова: реле контроля напряжения, бытовое электрическое оборудование, защита от перенапряжения и провалов напряжения.

Введение. В настоящее время наиболее распространенным средством защиты бытовых однофазных потребителей электрической энергии от недопустимых отклонений напряжения (провалов напряжения и временных перенапряжений) в однофазной питающей сети на уровне конечного потребителя является использование соответствующих (однофазных) реле напряжения. Указанные реле осуществляют защиту путем отключения подключенного через него конечного потребителя (его нагрузки в виде бытовых, осветительных и др. электроприборов) от питающей сети с недопустимым отклонением напряжения, сохраняя тем самым дальнейшую работоспособность указанных электроприборов. Повторное подключение потребителя (нагрузки) к питающей сети таким реле осуществляется автоматически при установившемся допустимом напряжении питающей сети. Для исключения частых повторных включений нагрузок при кратковременных недопустимых скачках напряжения в питающей сети, приводящих к отключению реле, что влечет за собой сокращение ресурса работы таких нагрузок и может привести к выходу их из строя (холодильники и др.), в таких реле предусматривается определенная задержка включения.

Такие реле рекомендуется устанавливать на вводе в квартиру, за аппаратом защиты от сверхтоков (токи короткого замыкания и

© А.А. Чепелюк, 2014

перегрузки), а также они могут устанавливаться в отдельных групповых линиях, питающих наиболее чувствительные к недопустимым отклонениям напряжения бытовые электроприемники (холодильники, стиральные машины, посудомоечные машины, телевизоры и др.).

В технических каталогах производителей эти реле встречаются под разными названиями: "реле напряжения", "реле контроля напряжения", "автоматическое реле напряжения", "реле защиты от перепадов напряжения" что может затруднять адекватное восприятие их главных свойств не только среди потребителей, но и у специалистов. Кроме того, указанные реле имеют определенный ряд конструктивных, технических и функциональных особенностей, которыми определяется их область применения, надежность и долговечность, и которые, по мнению автора, практически полностью отсутствуют в учебной литературе по электрическим аппаратам.

Учитывая терминологическую неопределенность в названии указанных реле и отсутствие систематизированной информации относительно конструктивных, технических и функциональных особенностей таких реле, актуальным является проведение классификации таких аппаратов.

Цель работы – проведение классификации реле напряжения для защиты бытовых однофазных потребителей электрической энергии от недопустимых отклонений напряжения в питающей сети с целью систематизации информации относительно конструктивных, технических и функциональных особенностей таких реле.

Основные признаки классификации реле напряжения.

Под классификацией реле будем понимать процесс и результат группировки реле в соответствие с их общими признаками.

Автор понимает, что любая классификация технических объектов является условной и субъективной. В то же время, по мнению автора, предложенная классификация реле напряжения не только будет способствовать адекватному различию их главных свойств, но и систематизации информации относительно их конструктивных, технических и функциональных особенностей.

Анализируя широкое разнообразие реле напряжения для защиты бытовых однофазных потребителей электрической энергии от недопустимых отклонений напряжения в питающей сети, представленных на электротехническом рынке Украины, можно выделить следующие общие их признаки:

- назначение,
- конструктивное исполнение,
- номинальная мощность (номинальный ток) реле,

- способ технической реализации,
- вид выходного коммутирующего элемента,
- пороги срабатывания по напряжению,
- время задержки повторного включения,
- сигнализация состояния реле,
- наличие внутренних защит (перегрев, импульсные перенапряжения, короткое замыкание),
- наличие дополнительных функций,
- другие признаки.

Далее будут рассмотрены разновидности реле напряжения в соответствии с указанными признаками классификации. Упоминание некоторых серий реле напряжения в данной работе будет использовано исключительно в качестве примеров. Полная номенклатура анализируемых в работе реле напряжения и их производителей на современном рынке значительно шире упомянутых в работе.

Классификации реле напряжения по назначению.

Различают реле минимального напряжения – undervoltage relay (отключают потребителей при недопустимых провалах напряжения в питающей сети), реле максимального напряжения – overvoltage relay (отключают потребителей при недопустимых временных перенапряжениях в питающей сети) и реле минимального и максимального напряжения – under/overvoltage relay (отключают потребителей как при недопустимых провалах напряжения так и при недопустимых временных перенапряжениях в питающей сети).

Последние являются наиболее распространенными, поскольку большинство электроприемников бытового назначения являются чувствительными как к провалам напряжения, так и к недопустимым временным перенапряжениям в питающей сети.

Отдельными производителями предлагаются реле минимального и максимального напряжения с возможностью ручного отключения одной из указанных защитных функций (многофункциональные реле).

Классификации реле напряжения по конструктивному исполнению.

Существуют следующие конструктивные исполнения реле напряжения: стационарные, мобильные (переносные) и встроенные.

Стационарные реле (рис. 1) выпускаются в не поддерживающих горение корпусах модульного исполнения и предназначены для установки на DIN-35 рейку непосредственно в квартирных распределительных щитках. Ширина таких реле может составлять 1, 2 или 3TE (1TE \approx 17,6-17,8 мм).



Рис. 1 – Примеры реле напряжения модульного исполнения: а – реле HRN-33 (-35) [1] (ЕП, Словения), б – реле EU-102 [2] (Hager, Германия), в – реле серии PH-S [3] (АсКо-УКРЕМ, Украина).

Мобильные (переносные) реле выпускаются в виде розеточных сетевых адаптеров (рис. 2), которые подключаются непосредственно в розетку. Защищаемая от недопустимых отклонений напряжения нагрузка подключается ко встроенной в реле розетке. Вилка таких реле может быть встроенной в реле (рис. 2,а-з) или вынесенной на питающем шнуре (рис. 2,д). Мобильные реле выпускаются с заземляющим (РЕ) контактом (рис. 2,а-в) – для использования в сетях TN-S и без него (рис. 2,з, д) – для использования в сетях TN-C. Степень защиты стационарных и мобильных (переносных) реле – IP20.

Встроенные реле напряжения встраиваются в конструкции электробытовых приборов, осуществляя непосредственную защиту от недопустимых отклонений напряжения самого прибора, или могут быть встроенными в стабилизаторы напряжения или сетевые удлинители.

Как правило, реле напряжения встраиваются в наиболее чувствительную к недопустимым отклонениям напряжения бытовую технику (холодильники, стиральные машины и др.). При наличии встроенной защиты такие электробытовые приборы имеют соответствующую маркировку (например: система Volt Control у компании Samsung [7], система Voltage Control у компании LG [8] и др.) и не требуют дополнительной (внешней) защиты от недопустимых отклонений питающего напряжения. Пороги срабатывания встроенной релейной защиты в таких приборах и задержки автоматического повторного включения – фиксированные и устанавливаются производителем в зависимости от чувствительности к недопустимым отклонениям напряжения используемых двигателей и электронных компонентов (например, пороги срабатывания по напряжению в системе Volt Control компании Samsung составляют $\pm 20\%$ от номинального напряжения).



Рис. 2 – Примеры мобильных реле напряжения: а – ZUBR R116y [4] (ДС Электроникс, Украина); б – PH-101M [5] (Новатек-Электро, Россия); в – V-protector серии AS, г – V-protector 6A – 10A, д – V-protector 10Ash (Digitop, Украина) [6].

В однофазных стабилизаторах напряжения со встроенными реле защиты, как правило, такие реле являются частью электрической схемы стабилизатора и осуществляют защиту от недопустимых отклонений напряжения самого стабилизатора. Пороги срабатывания встроенной релейной защиты по напряжению в таких приборах и задержки автоматического повторного включения, как и в предыдущем случае, – фиксированные и устанавливаются производителем в зависимости от чувствительности к недопустимым отклонениям напряжения используемых в конструкции стабилизатора электронных компонентов. Как правило, пороги срабатывания по напряжению встроенной защиты стабилизаторов значительно шире граничных порогов, установленных в [9], чего требует назначение самого стабилизатора напряжения. Диапазон рабочих напряжений современных стабилизаторов от 100-130 В до 275 В.

Сетевые удлинители со встроенными реле напряжения (рис. 3) осуществляют непосредственную защиту от недопустимых отклонений напряжения бытовых приборов, подключенных к такому удлинителю. Число розеток (гнезд) в таких удлинителях от 2 до 6. Такие удлинители выпускаются трехпроводными – с РЕ-проводником.



Рис. 3 – Примеры сетевых удлинителей со встроенным реле напряжения производства ДС Электроникс (Украина) [4]: а – ZUBR P216у, б – ZUBR R616у.

Классификации реле напряжения по номинальной мощности (по номинальному току).

Мобильные реле напряжения, как правило, выпускаются на номинальные мощности (категория применения АС-1): 1,3; 2,2 и 3,5 кВА, что при номинальном напряжении 220 В соответствует номинальным токам 6, 10 и 16 А.

Номинальные мощности стационарных реле напряжения, как правило, составляют (категория применения АС-1): 3,5; 4,4; 5,5; 7,0; 8,8; 11,0; 13,8 кВА, что при номинальном напряжении 220 В соответствует номинальным токам реле 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63 А.

Отдельные производители реле напряжения в технических описаниях указывают номинальные активные мощности реле в кВт. В этом случае при выборе реле следует помнить, что категории применения реле АС-1 соответствует коммутация неиндуктивных или слабоиндуктивных нагрузок с граничным коэффициентом мощности – $\cos\varphi=0,8$, поэтому активная мощность реле (кВт) составляет 80% полной его мощности (кВА).

Указанным номинальным мощностям реле должны соответствовать максимальные мощности нагрузки коммутируемой реле. Если максимальная мощность нагрузки превышает номинальную коммутируемую мощность реле, такую нагрузку следует подключать через контакторы (магнитные пускатели), управляемые реле напряжения.

Номинальные мощности и токи встроенных реле определяются соответственно мощностями и токами электрооборудования (электробытовые приборы, стабилизаторы напряжения) в которые они встроены.

Сетевые удлинители со встроенными реле выпускаются на мощность до 3,5 кВА, что при номинальном напряжении 220 В соответствует номинальному току до 16 А.

Классификации реле напряжения по способу технической реализации.

По указанному признаку современные реле напряжения можно разделить на две группы: аналоговые и цифровые (микропроцессорные).

Аналоговые реле напряжения технически реализованы на однопороговом (реле максимального напряжения, реле минимального напряжения) или двухпороговом (реле минимального и максимального напряжения) компараторе с задержкой по включению, который осуществляет контроль напряжения питающей сети (его среднеквадратичного значения – True RMS) и включает нагрузку посредством встроенного электромагнитного реле. В случае если после подключения нагрузки к реле измеряемое напряжение выходит за пределы пороговых значений напряжений, реле отключает нагрузку от питающей сети. В таких реле времена срабатывания фиксированные, т.е. не зависящие от уровней недопустимых отклонений напряжения в сети и, согласно заявленным производителями данным, находятся в диапазоне 0,1-0,6 с.

Цифровое (микропроцессорное) реле напряжения управляется микроконтроллером, который анализирует напряжение в электросети (среднеквадратичного значения напряжения). Аварийное отключение нагрузки осуществляется встроенным электромагнитным реле. В таких реле, в отличие от аналоговых, время срабатывания зависит от уровня недопустимого отклонения напряжения. Алгоритм работы в цифровых реле закладывается производителем программно. Минимальное время срабатывания в таких реле составляет 0,02-0,04 с.

Классификации реле напряжения по виду выходного коммутирующего элемента.

Различают реле напряжения с контактным или бесконтактным выходами.

В реле напряжения с контактным выходом коммутирующим элементом является контакт моностабильного или бистабильного электромагнитного реле. Число контактов такого реле один или два. Электромагнитное реле с одним контактом коммутирует только фазный проводник, а реле с двумя контактами коммутирует фазный и нейтральный проводники.

В реле напряжения с бесконтактным выходом в качестве коммутирующего элемента, как правило, применяются симисторы.

Наиболее часто в современных реле напряжения применяются бистабильные (с двумя устойчивыми состояниями) электромагнитные реле, что существенно снижает потребляемую реле напряжения мощность.

Классификации реле напряжения по порогам срабатывания по напряжению.

Различают реле напряжения с фиксированными и регулируемыми порогами срабатывания по максимальному и минимальному напряжению.

Реле напряжения с фиксированными порогами срабатывания по напряжению, как правило, аналоговые. Пороги срабатывания в таких реле заложены на стадии их производства. Характерным для таких реле является незначительное отличие указанных порогов и их разброс от 2 до 3% у различных производителей [10].

Реле напряжения с регулируемыми порогами срабатывания по напряжению (аналоговые и цифровые) предусматривают дополнительную подстройку (регулировку) указанных порогов в зависимости от чувствительности к провалам напряжения и временным перенапряжениям бытовой техники, подключенной через такое реле. В цифровых реле напряжения регулировка порогов срабатывания по напряжению – дискретная с шагом 1 В или 5 В, в аналоговых – плавная или дискретная. Диапазон регулирования минимального порога срабатывания в таких реле находится в пределах 120-210 В, максимального – 220-280 В.

Классификации реле напряжения по времени задержки повторного включения.

Задержка повторного включения реле напряжения после нормализации напряжения в питающей сети необходима для исключения частых повторных включений нагрузок при кратковременных недопустимых скачках напряжения в питающей сети, приводящих к отключению реле, что влечет за собой сокращение ресурса работы таких нагрузок и может привести к выходу их из строя (холодильники и др.).

Различают реле напряжения с фиксированной и с регулируемой временной задержкой повторного включения.

Временная задержка повторного включения в реле напряжения с фиксированной временной задержкой у разных производителей составляет от 10 секунд до 3 минут.

Диапазон регулирования временной задержки повторного включения в реле напряжения с регулируемой временной задержкой составляет от 3-5 секунд до 600, 900 и более секунд.

Классификация реле напряжения по виду сигнализации состояния реле.

В реле напряжения сигнализация состояния реле выполняется световой и звуковой. Звуковая сигнализация срабатывания реле встречается редко, в основном, как дополнение к световой сигнализации.

Световая сигнализация реализуется с помощью светодиодов или цифровых дисплеев (светодиодных или жидкокристаллических). Примерами конструкций реле со светодиодной сигнализацией могут служить реле на рис. 1а, в. В таких реле применяется несколько светодиодов, которые сигнализируют о нормальном питающем напряжении и включенном реле, о срабатывании реле вследствие недопустимого снижения или повышения напряжения, об отсчете выдержки времени повторного включения реле.

В цифровых реле для сигнализации состояния реле чаще всего используются цифровые дисплеи (индикаторы), на которые выводятся значения текущего напряжения (среднеквадратичное значение) в питающей сети и состояния реле, а при настройке реле – текущие пороги срабатывания и временная задержка повторного включения. При отсчете реле напряжения времени задержки для повторного его включения на его дисплей также выводится оставшееся до включения реле время. В основном в конструкциях цифровых реле используются трехразрядные семисегментные индикаторы (рис. 2-3), но встречаются также и жидкокристаллические дисплеи (рис. 1,б). Рядом производителей таких реле предусматривается также вывод на дисплей значения последнего напряжения срабатывания, которое хранится в памяти реле.

Классификации реле напряжения по наличию внутренних защит.

В отдельных сериях реле напряжения производителями предусматриваются защиты внутреннего оборудования реле от перегрева, импульсного перенапряжения и внутреннего короткого замыкания.

Причинами внутреннего перегрева в реле могут служить ослабленные подсоединения внешних проводов, а также подключение через реле мощности, превышающей установленную допустимую мощность реле, что повлечет за собой выход реле из строя. При наличии защиты от внутреннего перегрева помимо текущего напряжения в реле контролируется и его внутренняя температура (при ее увеличении до 80°C происходит аварийное отключение нагрузки, индикатор срабатывания реле будет сигнализировать о внутреннем перегреве, разблокирование устройства станет возможным при снижении температуры ниже 60°C).

Для защиты внутренних электронных компонентов от импульсных перенапряжений отдельные производители реле реализуют соответствующую варисторную защиту.

Для защиты реле напряжения от внутренних коротких замыканий рядом производителей реле предусматривается установка предохранителей в цепях питания электронных схем реле.

Классификации реле напряжения по наличию дополнительных функций.

Отдельными производителями в конструкциях реле предусматриваются дополнительные технические решения, расширяющие функциональные возможности реле. Как правило, такие функции появляются в микропроцессорных реле напряжения.

К таким функциям можно отнести контроль тока и мощности в защищаемой цепи. Такие приборы фактически сочетают в себе функции двух приборов – реле напряжения и ограничителя мощности.

Примером такого решения могут служить реле серии VA-protector – рис. 4, а. В таком реле порог срабатывания по току выполняется регулируемым, время срабатывания токовой защиты фиксированное – 0,04 с. При необходимости функция защиты по току может быть отключена.



Рис. 4 – Реле напряжения: а – серия VA-protector с ограничителем мощности [11] (Digitor, Украина), б – PH-113 многофункциональное [12] (Новатек-Электро, Россия).

В реле PH-101M – рис. 2, б [5] порог срабатывания по току встроенного автоматического выключателя токовой защиты выполнен фиксированным.

Отдельными производителями реле напряжения для защиты бытового электрооборудования от импульсных перенапряжений в конструкциях таких реле предусматривается также варисторная защита.

Рядом производителей в конструкциях микропроцессорных реле напряжения предусматривается функция памяти последнего срабатывания реле (напряжение последнего срабатывания сохраняется в памяти реле и его можно просмотреть на цифровом индикаторе при нажатии соответствующей кнопки).

В реле напряжения РН-113 на рис. 4, б предусмотрена возможность ручного отключения одной из защитных функций (по максимальному или минимальному напряжению). При отключении в таком реле обеих защитных функций реле может работать как реле времени.

Под другими признаками классификации реле напряжения можно понимать потребляемую реле мощность, уровни напряжения питания реле, площадь поперечного сечения подключаемых проводников, рекомендованный срок службы, гарантийный срок эксплуатации и другие параметры реле, не вошедшие в предложенную классификацию.

Выводы. Проведенная классификация реле напряжения для защиты бытовых однофазных потребителей электрической энергии от недопустимых отклонений напряжения в питающей сети систематизирует информацию относительно конструктивных, технических и функциональных особенностей таких реле, а также демонстрирует современный уровень технического развития этих реле.

Список литературы: 1. "Контрольно-измерительные реле". *ETI*, ETI Branch in Russia, 2006. Web. 10 October 2014. <http://www.eti.ua/electrotehcnical_products/etirel/Kontrolno_izmeritelnye_rele.aspx>. 2. "Реле контроля". *Hager*. Web. 10 October 2014. <<http://www.hager.ua/produkcija/raspredelenie-elektroenergii/modulnye-ustrojstva-zashhity-kommutacii-i-upravleniya/ustrojstva-kommutacii-i-upravleniya/rele-kontrolya/26147.htm>>. 3. Каталог электротехнической продукции электротехнической корпорации АСКО-УКРЕМ 2013 г. (http://www.acko.ua/upload/iblock/bc6/catalogue2013_cd.rar). 4. <http://www.zubr.ua>. 5. http://novatek-electro.com/rele_napryazheniya_rn-101m.html. 6. <http://digitop.ua/?q=ru/node/21>, 7. <http://www.samsung.com/ua/support/skp/faq/828500>. 8. <http://lg.yvision.kz/post/301230>. 9. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. 10. *Чеплюк А.А.* Анализ функциональных особенностей реле напряжения с фиксированными параметрами срабатывания и автоматическим повторным включением для защиты бытовых однофазных потребителей от недопустимых отклонений напряжения в питающей сети // *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. 36. наук. праць. Тем. вип.: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – №65. – С. 53-62. 11. <http://digitop.ua/?q=ru/node/4>. 12. http://novatek-electro.com/odnofaznoe_rele_napryazheniya_rn-113.html.

Bibliografy (transliterated): 1. "Kontrol'no-izmeritel'nye rele". *ETI*, ETI Branch in Russia, 2006. Web. 10 October 2014. <http://www.eti.ua/electrotehcnical_products/etirel/Kontrolno_izmeritelnye_rele.aspx>.

izmeritelnye_rele.aspx>. 2. "Rele kontrolja". *Hager*. Web. 10 October 2014. <<http://www.hager.ua/produkcija/raspredelenie-elektroenergii/modulnye-ustrojstva-zashhity-kommutacii-i-upravleniya/ustrojstva-kommutacii-i-upravleniya/rele-kontrolya/26147.htm>>. 3. "Katalog jelektrrotehnicheskoy produkcii jelektrrotehnicheskoy korporacii ASKO-UKREM 2013 g." *ASKOUKREM*. Web. 10 October 2014. <http://www.acko.ua/upload/iblock/bc6/catalogue2013_cd.rar>. 4. "Rele naprjazhenija dlja vsego doma". *Rele naprjazhenija ZUBR — zashhita ot perenaprjazhenija dlja professionalov*. Web. 10 October 2014. <<http://www.zubr.ua>>. 5. "Rele naprjazhenija RN-101M". *NOVATEK Electro*. Web. 10 October 2014. <http://novatek-electro.com/rele_napryazheniya_rm-101m.html>. 6. "Rele naprjazhenija". *DigiTOP*. Web. 10 October 2014. <<http://digitop.ua/?q=ru/node/21>>. 7. "Shcho take systema Volt Control?". *Samsung*. Web. 10 October 2014. <<http://www.samsung.com/ua/support/skp/faq/828500>>. 8. "Kak produkcija kompanii LG spravljaetsja s perepadami naprjazhenija v jelektricheskoj seti". *LG*. Web. 10 October 2014. <<http://lg.yvision.kz/post/301230>>. 9. *GOST 13109-97. Jelektricheskaja jenergija. Sovmestimost' tehniceskikh sredstv jelek-tromagnitnaja. Normy kachestva jelektricheskoy jenergii v sistemah jelektrrosnabzhenija obshhego naznachenija*. Moscow. Gosstandart Rossii. 1999. Print. 10. Chepeljuk A.A. "Analiz funkcional'nyh osobennostej rele naprjazhenija s fiksirovannymi parametrami srabatyvanija i avtomaticheskim povtornym vključeniem dlja zashhity bytovyh odnofaznyh potrebitel'ej ot nedopustimyh otklonenij naprjazhenija v pitajushhej seti". *Visnyk NTU "HPI"*. Ser.: *Problemy udoskonalennya elektrychnykh mashyn i aparativ*. No. 65 (1038). Kharkiv: NTU "HPI", 2013. 53-62. Print. 11. "Rele naprjazhenija s kontrolem toka". *DigiTOP*. Web. 10 October 2014. <<http://digitop.ua/?q=ru/node/4>>. 12. "Odnofaznoe rele naprjazhenija RN-113". *NOVATEK Electro*. Web. 10 October 2014. <http://novatek-electro.com/odnofaznoe_rele_napryazheniya_rm-113.html>

Поступила (received) 6.10.2014



Чепелюк Александр Александрович, доцент, кандидат технических наук. Защитил диплом инженера и диссертацию кандидата технических наук в Национальном техническом университете "Харьковский политехнический институт" по специальности "Электрические машины и аппараты", соответственно в 1995 и 2006 гг. Доцент кафедры "Электрические аппараты" Национального технического университета "Харьковский политехнический институт" с 2007 г. Научные и инженерные интересы связаны с проблемами разработки, усовершенствования и эксплуатации электрических аппаратов, вопросами электробезопасности.