

ЗАЩИТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ УСТРОЙСТВ

Н.Е. Шевчик, канд. техн. наук, доцент, И.В. Протосовицкий, канд. техн. наук, доцент,
Д.И. Протосовицкий, аспирант (БГАТУ)

Аннотация

В статье приведен анализ причин возникновения импульсов напряжения и временных перенапряжений при коммутациях в сельских электрических сетях. Предложено комбинированное устройство для защиты сетей от импульсов напряжения и перенапряжений.

The article analyzes the causes of voltage pulses and temporary overvoltage during switching in the rural power networks. Combined device to protect networks from voltage pulses and overvoltage is proposed.

Введение

Увеличение эффективности сельскохозяйственного производства предъявляет повышенные требования к электроснабжению сельских товаропроизводителей, которое определяется не только надежностью работы электрических сетей, но и качеством электрической энергии.

Наименее изученными показателями качества электроэнергии являются импульсное напряжение и временное перенапряжение.

Импульсные напряжения бывают грозовыми и коммутационными. ГОСТ 13109-97 [1] регламентирует нормально допустимые значения грозовых импульсов напряжения во внешней воздушной линии 0,4 кВ, не более 10 кВ, а во внутренней сети – не более 6 кВ. Нормально допустимые значения коммутационных импульсных напряжений не должны превышать 4,5 кВ. Предельно допустимые значения импульсов напряжения не регламентируются.

Длительность временного перенапряжения не должно быть более 1 мин, и допустимое значение коэффициента временного перенапряжения зависит от времени. Если длительность перенапряжения меньше 1 с., то допустимое значение коэффициента временного перенапряжения $1,47U_n$, если же перенапряжение длится до 1 мин – допускается $1,15U_n$.

Импульсы напряжения 6 и 4,5 кВ, а также временные перенапряжения могут вызвать пробой изоляции в электрических двигателях при его включении, особенно, если двигатель эксплуатируется в сыром помещении. Если пробоя изоляции нет, импульс напряжения на работу электрического двигателя практически не влияет из-за его кратковременности. Но на оборудование, оснащенное современной электроникой, особенно с микропроцессорным управлением, импульсы и временные перенапряжения сказываются крайне отрицательно: происходит пробой тиристорov, транзисторов, микросхем. Кроме того, импульсы напряжения являются источниками электромагнитных помех, приводящих к нарушениям и сбоям в работе электромагнитных

устройств, использующих программное и микропроцессорное управление [2].

Указанная проблема особенно обострилась в последнее время в связи с тем, что в распределительных сетях напряжением 0,4 кВ постоянно увеличивается доля электрооборудования на базе микроэлектронной, микропроцессорной и силовой полупроводниковой техники, растет объем и важность возлагаемых на нее задач, и, соответственно, возрастают требования к ее надежности и защищенности от дестабилизирующих факторов, так как при отказе оборудования понесенные убытки могут быть столь же масштабными, как и сами возлагаемые задачи, что делает особенно значимым вопрос защиты линий и потребителей от импульсов и перенапряжений.

Измерение импульсных напряжений и временных перенапряжений требует специальных приборов, которых, как правило, на предприятиях нет, поэтому часто причина выхода из строя оборудования из-за импульса и кратковременного перенапряжения только предполагается.

Поэтому целью данной работы является повышение надежности защиты оборудования сельских электрических сетей от импульсов напряжения и перенапряжений

Основная часть

Рассмотрим часть электрической сети, включающей в себя линию электропередач 10 и 0,4 кВ и трансформаторную подстанцию 10/0,4 кВ. На трансформаторной подстанции имеются предохранители 10 кВ, автоматические выключатели 0,4 кВ и конденсаторные батареи для компенсации реактивной мощности, которые могут быть установлены на стороне 10 кВ или на стороне 0,4 кВ. Нагрузка низковольтных электрических сетей – активно-индуктивная.

Согласно теории переходных процессов [3], коммутационные перенапряжения в электрических системах связаны с изменением схемы или её параметров, при этом переходные процессы могут иметь

колебательный характер, связанный с обменом энергией между индуктивностью и емкостью.

В сельских низковольтных электрических сетях возможны следующие коммутации, которые теоретически могут сопровождаться возникновением коммутационных перенапряжений:

- отключение нагрузки индуктивного характера;
- отключение коротких замыканий аппаратами защиты и срабатывание предохранителей;
- обрыв в линии электропередач.

В электрических сетях включение и отключение линии производится выключателем нагрузки, рассчитанным на ток короткого замыкания, и его охлаждающая способность при коммутации обычных нагрузок намного больше энергии, рассеиваемой в дуге. Поэтому при отключении нагрузки с индуктивным характером дуга будет неустойчивой. В результате возникает колебательный процесс высокой частоты (порядка 1 МГц), связанный с обменом энергии между емкостями и индуктивностью нагрузки через выключатель.

Во время этого колебательного процесса имеет место прохождение тока через нуль раньше, чем на промышленной частоте 50 Гц (рис. 1 а). Поэтому выключатель производит отключение тока также раньше, чем при нормальном его прохождении через нуль на частоте 50 Гц. Ток, проходящий по индуктивности в момент погасания дуги, называется током среза.

Колебания тока сопровождается перенапряжением (рис. 1 б).

Максимальное значение перенапряжения (U_{max}) можно рассчитать по следующей формуле:

$$U_{max} = \sqrt{u_0^2 + \frac{L}{C} \cdot i_c^2}, \quad (1)$$

где u_0 – напряжение в момент размыкания контактов;

i_c – ток среза;

L, C – эквивалентные индуктивность и емкость цепи.

Если пренебречь сопротивлениями дуги и элементов цепи выключателя, напряжения со стороны источника питания и на нагрузке до момента среза будут равны.

Формула (1) демонстрирует влияние характеристик сети и тока среза на значение перенапряжения. При этом следует принять во внимание, что сам ток среза также зависит от значения емкости и индуктивности цепи. Поэтому в настоящее время не существует общепринятой теории расчета тока в процессе его отключения, и влияние отдельных факторов на его значение определяется преимущественно экспериментальным путем, что не дает четкого представления о возможных параметрах коммутационных перенапряжений.

Если отношение индуктивности к емкости цепи значительное, колебательного процесса не возникает, и ток дуги при нормальном прохождении его через нуль на промышленной частоте снижается до нуля и дуга гаснет [4]. Если напряжение на промежутке между контактами меньше пробивного напряжения самого промежутка, то дуга возникнуть больше не может и ток естественным образом прекращается.

При отключениях выключателями активных нагрузок, коротких замыканий, а также при срабатывании предохранителей, вызванных короткими замыканиями, колебательного процесса также не происходит, и окончательный разрыв имеет место в момент прохождения тока через нуль, причем снижение тока до нуля происходит плавно.

Включение индуктивной нагрузки, сопровождаемое срабатыванием электромагнитной защиты выключателя, является частным случаем отключения. Однако возникающие при этом перенапряжения значительно меньше по амплитуде и энергии, так как в этом случае происходит отключение не установившегося тока цепи, а меньшего переходного тока. Поэтому нет необходимости изучения данного вида коммутаций с точки зрения коммутационных перенапряжений.

Таким образом, коммутационные перенапряжения в сельских электрических сетях чаще всего име-

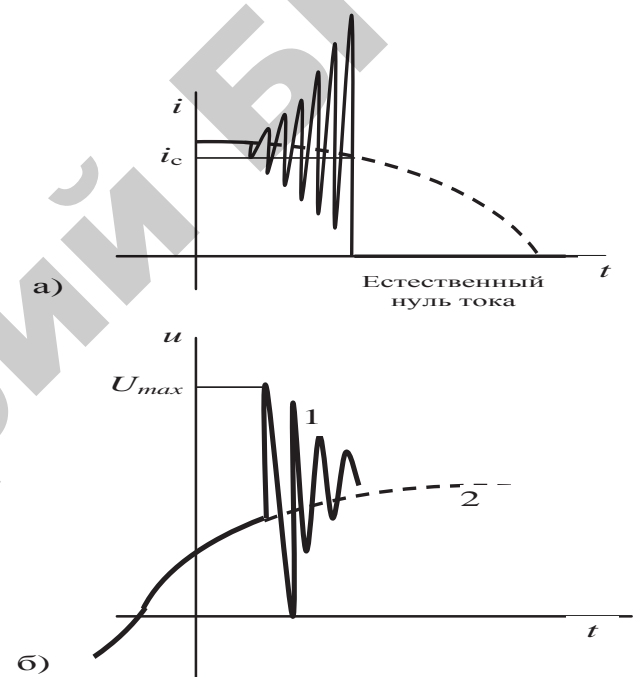


Рисунок 1. Отключение нагрузки индуктивной: а) изменение тока; б) изменение напряжения i – ток в выключателе; i_c – значение тока среза; 1 – напряжение на выходах нагрузки; 2 – напряжение со стороны источника питания

ют место при отключении нагрузки на трансформаторной подстанции.

Снизить уровни коммутационных перенапряжений возможно как проведением превентивных мероприятий, так и применением устройств для защиты от перенапряжений.

Превентивные мероприятия – это предотвращение возникновения перенапряжений или ограничение их величины в месте их возникновения. К таким мероприятиям относится применение:

- выключателей с шунтирующими резисторами;
- емкостных элементов для снижения перенапряжений;

– емкостной защиты изоляции обмоток трансформаторов и реакторов.

Все устройства защиты от перенапряжений можно разделить на две группы: устройства поглощающего типа на базе нелинейных элементов, принцип действия которых заключается в сохранении высокого сопротивления до появления перенапряжений, после чего их сопротивление падает практически до нуля, и устройства, принцип действия которых основан на увеличении продольного сопротивления.

К устройствам поглощающего типа можно отнести газонаполненные разрядники, варисторы, ограничительные диоды [3, 4], а также комбинированные устройства, содержащие указанные элементы. К устройствам второй группы относятся различные фильтры на базе реактивных элементов.

Газонаполненные разрядники имеют достаточно большую мощность, могут защищать потребителей от весьма высоких напряжений с большим значением действующего тока, но время срабатывания их значительное и они не могут эффективно защищать устройства, выполненные на базе микропроцессорной техники, потому что для них недопустимы начальные выбросы напряжений, пропускаемые указанными разрядниками.

В последнее десятилетие для защиты от перенапряжений наиболее широкое применение нашли варисторы и созданные на их базе ограничители перенапряжения нелинейные (ОПН). Среди их достоинств следует выделить широкий диапазон напряжений, высокое значение допустимого тока, относительно высокое быстродействие и большая энергоемкость, что позволяет использовать их для защиты различных по назначению цепей, от электрических компонентов непосредственно на печатной основе до защиты электрических сетей напряжением 500 кВ. К недостаткам ОПН следует отнести ограниченный срок службы, вызванный старением варисторов и невозможность применения для защиты от перенапряжений в высокочастотных цепях.

Преимуществом полупроводниковых ограничительных диодов является наиболее малое время срабатывания, что позволяет их использовать для защиты от перенапряжений различных по назначению устройств, в состав которых входят чувствительные к перегрузкам полупроводниковые приборы и интегральные схемы, но низкие значения номинального тока и энергоемкости практически полностью исключают их отдельное применение в силовых цепях.

Фильтры для защиты от перенапряжений имеют уровень защиты, близкий к напряжению сети и обеспечивают защиту от наносекундных импульсов, но при этом имеют целый ряд недостатков, а именно сложность, значительные массогабаритные показатели, а также применимость только на постоянном токе в качестве индивидуальных устройств защиты электроприемников.

Из вышеприведенного следует, что современные устройства защиты от перенапряжений не во всех случаях эффективны, поэтому применение их как самостоятельных устройств не решает поставленной проблемы.

Проблема заключается не только в том, чтобы защитить оборудование от высоковольтных импуль-

сов переходных процессов, например до 2 кВ, но оборудование должно быть также защищено от более слабых импульсов, которые также опасны и могут вывести его из строя.

При этом трудно выполнить устройство, обеспечивающее защиту одновременно и от больших и от малых импульсов. Устройство, обычно приспособленное к защите от высоковольтных импульсов, оказывается беззащитным перед низковольтным. Кроме того, большинство устройств, распространенных сегодня, разработаны таким образом, чтобы обеспечить короткое замыкание на землю, а это в свою очередь приводит к возникновению и прохождению больших токов через устройства, вплоть до 1000 А.

В данной работе предложено следующее устройство, способное решить вышеозначенную проблему [5], схема которого приведена на рис. 2.

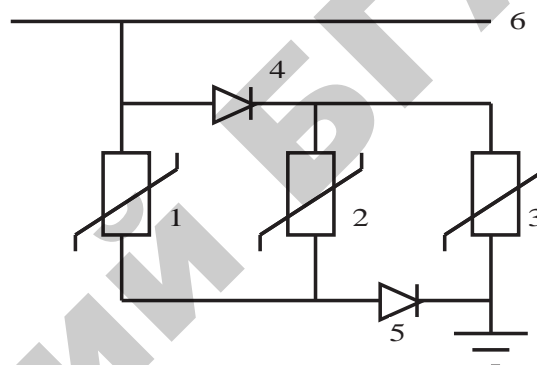


Рисунок 2. Электрическая схема комбинированного устройства защиты от импульсов и временных перенапряжений: 1-3 – нелинейные резисторы; 4, 5 – ограничительные диоды; 6 – защищаемая линия

Устройство состоит из трех нелинейных резисторов и двух ограничительных диодов.

В рабочем режиме, когда напряжение в фазах сети равно номинальному, или незначительно превышает его, сопровождающие токи через нелинейные резисторы 1, 2, 3 не протекают и диоды 4, 5 заперты, так как к нелинейным резисторам и диодам не приложено достаточно для их открытия напряжения.

При проявлении повышенного напряжения внутреннего происхождения в фазе относительно земли открываются диоды 4, 5 и через резисторы 1, 2 и 3 гасится возникшее перенапряжение относительно земли. После снижения напряжения до номинального значения, ток в диодах 4, 5 вследствие нелинейных вольтамперных характеристик резисторов 1, 2 и 3 протекать не будет.

В режиме протекания больших импульсных токов, свойственных перенапряжениям атмосферного происхождения вместе с диодами открывается колонка нелинейных резисторов, и ток начинает протекать по всей совокупности параллельно соединенных резисторов и ограничительных диодов. В данном случае достаточный уровень защиты по току достигается благодаря одновременному запараллеливанию нелинейных резисторов, в результате заряд одновременно начинает проходить

через все резисторы, что снижает нагрузку на каждую отдельно взятую группу нелинейных резисторов.

Главным преимуществом его является универсальность применения для защиты от низко- и высоковольтных импульсов напряжения.

Выводы

1. Существующие устройства защиты электропотребителей от импульсов и временных перенапряжений не могут в полной мере удовлетворить предъявляемым требованиям из-за различного времени их срабатывания, и рассеиваемой мощности, поэтому целесообразно использовать комбинированные способы защиты с применением 2-х и 3-х ступеней ограничения напряжения, выполненных на различных принципах действия.

2. Предложенное универсальное устройство на основе нелинейных резисторов и ограничительных диодов позволит осуществить защиту электрооборудования как от высоковольтных импульсов так и от перенапряжений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Межгосударственный стандарт: ГОСТ 13109-97.

2. Коммутационные перенапряжения в энергосистемах: учеб. пособ./ М.В. Костенко [и др.] . – Ленингр. гос. техн. ун-т, 1990. – 101 с.

3. Таев, И.С. Электрические контакты и дугогасительные устройства аппаратов низкого напряжения/ И.С. Таев. – М.: Энергия, 1973. – 424 с.

4. Capacitive current switching – state of art.// Electra, 1994. – №155.

5. Устройство для защиты электрооборудования от коммутационных перенапряжений: пат. № 6991 Респ. Беларусь, МПК9 Н02Н 9/04 / Д.И. Протосовицкой, Н.Е. Шевчик; заявитель Белор. гос. аграрн. техн. ун-т. – №и 20100582; заявл. 25.06. 2010; опубл. 28.02. 2011// Афіц. бюл./Нац. цэнтр інтэлект. уласнасці.

УДК 631.363.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 16.03.2012

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВАЛЬЦОВОЙ ПЛЮЩИЛКИ-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ

В.А. Дайнеко, канд. техн. наук, доцент, Е.М. Прищепова, аспирантка (БГАТУ)

Аннотация

В статье приведены результаты теоретических исследований производительности вальцовой плющилки-измельчителя зерна различных конструкций. По результатам исследований получены зависимости для расчета производительности плющилок-измельчителей при различных соотношениях скоростей и диаметров вальцов, межвальцевого зазора, а также наклона плоскости проходящей через оси вальцов к горизонтальной плоскости. Проанализированы пути повышения производительности плющилок-измельчителей зерна.

The results of theoretical investigations of roller crusher-grinder of grain of different designs are given here. According to the research the dependences for the calculation of performance of crusher-grinder with different ratios of velocities and diameters of the rollers, mezhvaltsevogo gap, as well as the slope of the plane passing through the axis of the roller to the horizontal plane were obtained. The ways of increasing productivity of crusher-grinders are analyzed.

Введение

Корма в структуре себестоимости производства продукции животноводства составляют более 60%. От качества и подготовки их к скармливанию во многом зависит эффективность работы животноводческих ферм и комплексов. При подготовке к скармливанию фуражного зерна используется либо плющение влажного зерна с последующим его консервированием, либо измельчение сухого зерна. Как правило, эти операции выполняются соответствующим технологическим оборудованием, которое работает в различный период года и имеет невысокую загрузку по времени. Для увеличения загрузки используемого оборудования по времени целесообразно создание уни-

версального оборудования, выполняющего эти две технологические операции. В качестве такого оборудования возможно использование вальцовых плющилок-измельчителей. Известны работы [1, 2, 3], в которых проводился анализ влияния конструктивных параметров на производительность некоторых конструкций плющилок. Целью настоящей работы является проведение теоретического анализа влияния конструктивных параметров на производительность вальцевых плющилок-измельчителей при любом соотношении частот вращения и диаметров их вальцов, а также коэффициента трения вальцов о зерновку и угле наклона плоскости, проходящей через их оси вращения к горизонтальной плоскости.