

Лекция № 16. Провал и импульс напряжения. Временное перенапряжение

К провалам напряжения относится внезапное значительное изменение напряжения в точке электрической сети ниже уровня $0,9 U_{\text{ном}}$, за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня через промежуток времени от десяти миллисекунд до нескольких десятков секунд (см. рисунок 1).

Характеристикой провала напряжения является его длительность - Δt_n , равная :

$$\Delta t_n = t_k - t_n,$$

где t_n и t_k – начальный и конечный моменты времени провала напряжения.

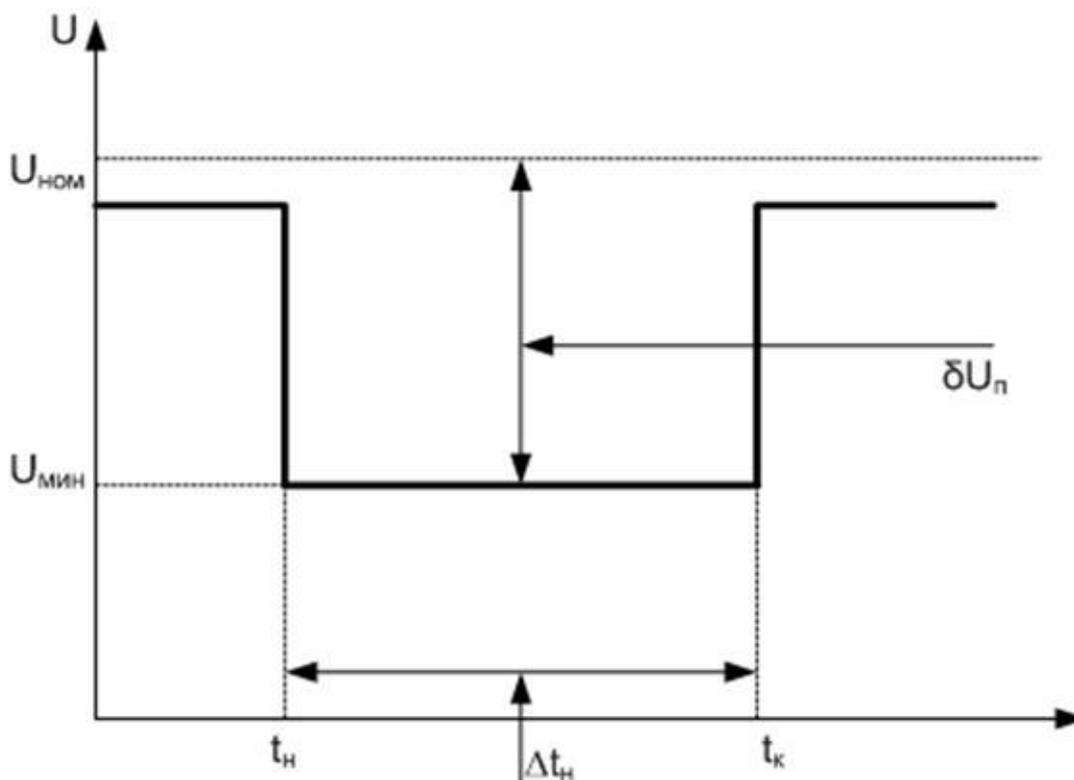


Рисунок 1 – Провал напряжения

Провал напряжения характеризуется также глубиной провала напряжения δU_n – разностью между номинальным значением напряжения и минимальным действующим значением напряжения, выраженной в единицах напряжения или в процентах от его номинального значения. Провал напряжения вычисляется по выражениям

$$\delta U_n = U_{\text{ном}} - U_{\text{мин}}$$

$$\delta U_{\text{н}} = \frac{U_{\text{ном}} - U_{\text{мин}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\%.$$

Предельно допустимое значение длительности провала напряжения в электрических сетях напряжением до 20 кВ включительно равно 30 с. Длительность автоматически устраняемого провала напряжения в любой точке присоединения к электрическим сетям определяется выдержками времени релейной защиты и автоматики.

Внезапное и значительное снижение напряжения (менее 90 % $U_{\text{ном}}$) длительностью от нескольких периодов до нескольких десятков секунд с последующим восстановлением напряжения.

Причинами провалов напряжения является срабатывание средств защиты и автоматики при отключении грозовых перенапряжений, токов короткого замыкания (КЗ), а также при ложных срабатываниях защит или в результате ошибочных действий оперативного персонала.

ГОСТ 13109-97 не нормирует провал напряжения, он ограничивает его продолжительность 30-ю секундами. Правда, эти явления, длительностью больше 30 секунд, практически не случаются – напряжение уже не восстанавливается.

Влияние провалов напряжения при однофазных КЗ на работу.

Основными потребителями электроэнергии на промышленных предприятиях, за исключением таких специфических производств, как электролиз и металлургия, являются синхронные и асинхронные электродвигатели. При анализе влияния провалов напряжения на работу электродвигателей необходимо прежде всего обратить внимание на составляющие прямой и обратной последовательности напряжения, действующего в момент провала напряжения, поскольку они определяют вращающий момент электродвигателей.

В низковольтных сетях синхронные электродвигатели применяются довольно редко, основную массу там составляют асинхронные электродвигатели. Но главное отличие состоит в том, что асинхронные электродвигатели в этих сетях управляются, как правило, с помощью контакторов и магнитных пускателей, имеющих свойство самопроизвольно отключаться («отпадать») при снижении напряжения на втягивающей катушке.

Напряжение отпадания контакторов и пускателей строго не регламентируется. Оно зависит от конструктивных особенностей этих аппаратов, от состояния магнитной системы, от регулировки контактной системы, натяжения пружин и меняется в достаточно широких пределах 0,60–0,35 от номинального.

Влияние на технологические процессы.

Влияние провалов напряжения на ход технологического процесса во многом зависит от его характера. Особенно ощутимое влияние провалы напряжения оказывают на так называемые «непрерывные технологические процессы» в химии, нефтехимии, нефтепереработке и т.п. отраслях. В отличие, например, от конвейера механосборочного производства, который можно остановить и запустить снова, такие технологические процессы для останова и повторного пуска требуют длительного времени – от нескольких часов до нескольких суток при строгом соблюдении технологического регламента.

Сложная технологическая цепочка выпуска продукции на таких производствах обычно включает множество аппаратов, в каждом из которых химические реакции происходят при строго определенных значениях температуры, давления, при определенных объемных или весовых соотношениях участвующих реагентов.

Поддержание постоянства этих величин обеспечивается насосами, компрессорами, холодильниками, термостатами, мешалками, регулируемые задвижками и др. механизмами, приводимыми во вращение электродвигателями. В некоторых случаях достаточно одному из таких механизмов остановиться или даже снизить свою производительность, либо давление, как параметры технологического процесса превысят критические значения и он будет остановлен системой противоаварийной автоматики. Возникающий при этом ущерб, в лучшем случае выражается в браке части продукции, а в худшем – требуется полный останов технологического процесса, удаления всех непрореагировавших компонентов, продувка всей системы инертным газом и наладка технологического процесса «с нуля».

Вероятность внезапного прекращения подачи электроэнергии должна учитываться при разработке регламентов технологических процессов и их аппаратного оформления. Полностью исключить провалы напряжения в системах внешнего электроснабжения невозможно. Минимизация ущерба от провалов напряжения достигается комплексом мероприятий в сетях внешнего и внутреннего электроснабжения предприятий, применением специальных быстродействующих защит и автоматики, внедрением самозапуска ответственных электродвигателей.

К мероприятиям по сокращению числа провалов напряжения в системе внешнего электроснабжения можно отнести:

- более широкое применение быстродействующих релейных защит на линиях электропередач 110 кВ;
- секционирование шин 110 кВ источника питания при использовании раздельного режима работы секций и систем шин 110 кВ;
- применение грозозащиты линий 110 кВ на всем их протяжении с правильным выбором типа и мест установки разрядников;
- снижение сопротивления заземления опор. Применение в обоснованных случаях усиленной изоляции на линиях электропередач и открытых распределительных устройств подстанций и электростанций;
- регулярное проведение профилактических мероприятий по очистке изоляции и замене дефектных изоляторов;

- применение для ВЛ-110 кВ проводов нового типа.

Импульс напряжения и временное перенапряжение

Искажение формы кривой питающего напряжения может происходить за счет появления высокочастотных импульсов при коммутациях в сети, работе разрядников и т.д. Импульс напряжения - резкое изменение напряжения в точке электрической сети, за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня. Величина искажения напряжения при этом характеризуется показателем импульсного напряжения (см. рисунок 2) .

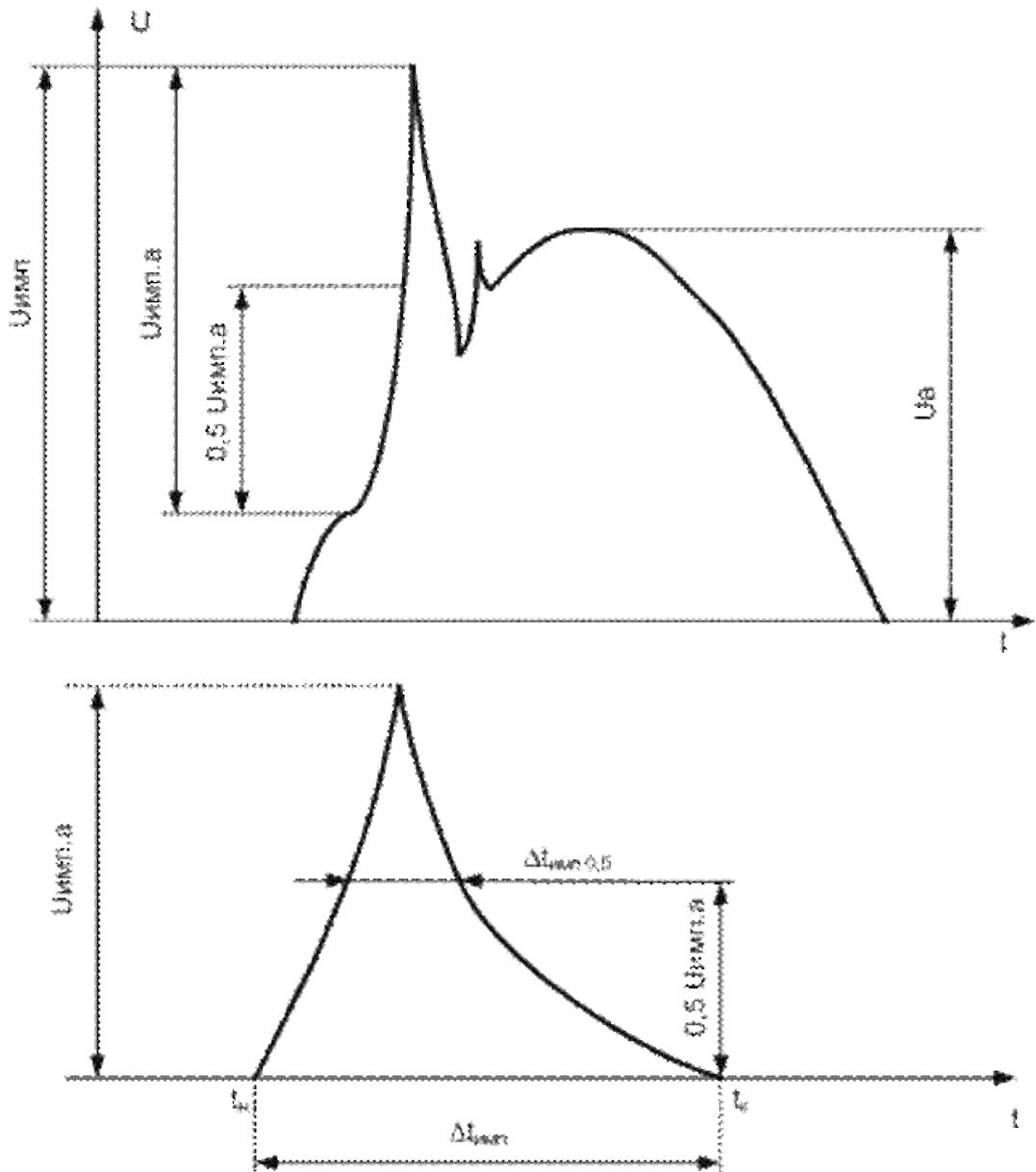


Рисунок 2 – Параметры импульсного напряжения

Импульсное напряжение в относительных единицах равно:

$$\delta U_{имп} = \frac{U_{имп}}{\sqrt{2}U_{ном}},$$

где $U_{имп}$ – значение импульсного напряжения, В.

Амплитудой импульса называется максимальное мгновенное значение импульса напряжения. Длительность импульса - это интервал времени между начальным моментом импульса напряжения и моментом восстановления мгновенного значения напряжения до первоначального или близкого к нему уровня.

Показатель – импульсное напряжение стандартом не нормируется.

Временное перенапряжение – повышение напряжения в точке электрической сети выше $1,1U_{ном}$, продолжительностью более 10 мс, возникающее в системах электроснабжения при коммутациях или коротких замыканиях (см. рисунок 3).

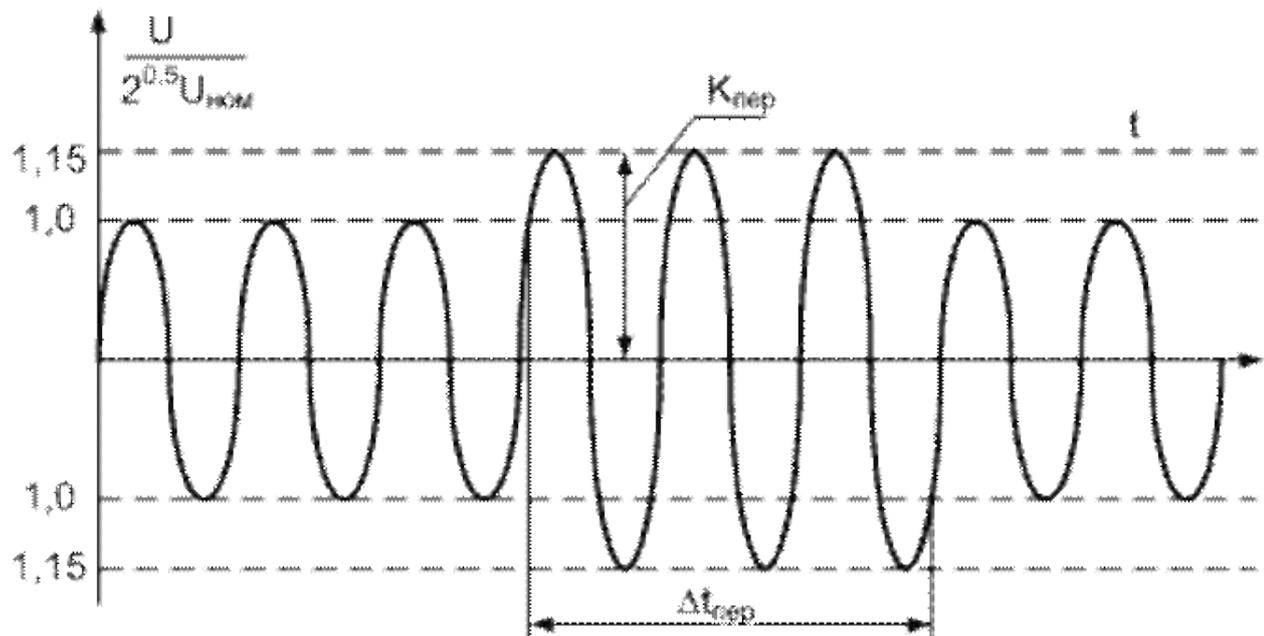


Рисунок 3 – Временное перенапряжение

Временное перенапряжение характеризуется коэффициентом временного перенапряжения ($K_{пер}U$) – это величина, равная отношению максимального значения огибающей амплитудных значений напряжения за время существования временного перенапряжения к амплитуде номинального напряжения сети:

$$K_{пер.U} = \frac{U_{атах}}{\sqrt{2}U_{ном}}$$

Длительностью временного перенапряжения называется интервал времени между начальным моментом возникновения временного перенапряжения и моментом его исчезновения:

$$\Delta t_{пер.U} = t_{кпер} - t_{япер}$$

Коэффициент временного перенапряжения стандартом также не нормируется.

Значения коэффициента временного перенапряжения в точках присоединения электрической сети общего назначения, в зависимости от длительности временных перенапряжений, не превышают значений приведенных в таблице 8.1. [8]

Таблица 1 – Зависимость коэффициента временного перенапряжения от длительности перенапряжения

Длительности временных перенапряжений, с	До 1	До 20	До 60
Коэффициент временного перенапряжения, о.е.	1,47	1,31	1,15

В среднем за год в точке присоединения возможны около 30 временных перенапряжений.

При обрыве нулевого проводника в трехфазных электрических сетях напряжением до 1 кВ, работающих с глухозаземленной нейтралью, возникают временные перенапряжения между фазой и землей. Уровень таких перенапряжений при значительной несимметрии фазных нагрузок может достигать значений междуфазного напряжения, а длительность нескольких часов.

Временное перенапряжение.

Внезапное и значительное повышение напряжения (более 110% $U_{ном}$) длительностью более 10 миллисекунд.

Временные перенапряжения возникают при коммутациях оборудования (коммутационные, кратковременные) и при коротких замыканиях на землю (длительные).

Коммутационные перенапряжения возникают при разгрузке протяжённых линий электропередач высокого напряжения.

Длительные перенапряжения возникают в сетях с компенсированной нейтралью и четырёхпроводных сетях при обрыве нейтрального провода, а в сетях с изолированной нейтралью при однофазном КЗ на землю (в сетях 6-10-35 кВ в таком режиме допускается длительная работа).

В этих случаях, напряжение неповреждённых фаз относительно земли (фазное напряжение) может вырасти до величины междуфазного (линейного) напряжения.

Импульсное перенапряжение.

Резкое повышение напряжения длительностью менее 10 миллисекунд.

Импульсные перенапряжения возникают при грозовых явлениях и при коммутациях оборудования (трансформаторы, двигатели, конденсаторы, кабели), в том числе при отключении токов КЗ.

Величина импульса перенапряжения зависит от многих условий, но всегда значительна и может достигать многих сотен тысяч вольт.

ГОСТ 13109-97 приводит справочные значения импульсного перенапряжения при коммутациях для разных типов сетей.