

ПРОБЛЕМЫ НАСТРОЙКИ АВТОМАТИКИ ОГРАНИЧЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ЗАЩИТЕ ОБОРУДОВАНИЯ ВЛ ОТ РЕЗОНАНСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ УПК

Д.А.Панасецкий, А.Б.Осак, Е.Я. Бузина

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, г. Иркутск

Введение и постановка задачи

Объектом исследования в данной работе является устройство продольной компенсации (УПК) Тыреть, расположенное в энергосистеме Иркутской области. УПК Тыреть 500 кВ представляет собой батарею конденсаторов, которая включена между системами сборных шин ОРУ 500 кВ, изолирована от земли, и работает на напряжении линии передачи. Из соображений надежности эксплуатации, батарея разделена на две равные части (мосты), которые в свою очередь также разделены на две равные части (полуцепи). Каждый мост конденсаторов подключен к сборным шинам через два выключателя 500 кВ с каждой стороны. При протекании токов короткого замыкания (КЗ) в переходных режимах, на конденсаторах УПК возникают значительные перенапряжения, которые могут представлять опасность для их изоляции батарей. Для защиты от таких перенапряжений параллельно УПК установлен защитный разрядник (искровой промежуток), который при подъеме напряжения на УПК выше уставки разрядника пробивается и шунтирует батарею. Среднее пробивное напряжение разрядника составляет 235 кВ ($2,8 U_{ном}$). С учётом разброса $\pm 20\%$ верхний предел пробивных напряжений разрядника равен $3,4 U_{ном}$ (285,6 кВ), а нижний $2,2 U_{ном}$ (184,8 кВ).

Далее проанализируем характер возникающих перенапряжений для двух различных случаев: 1. резонансные перенапряжения; 2. перенапряжения, вызванные стоком реактивной мощности (односторонние включения ВЛ, разрыв транзита с выделением на холостой ход).

Резонансные перенапряжения вблизи УПК Тыреть

В этом случае, причиной, приводящей к возникновению перенапряжений на УПК Тыреть, является резонанс напряжений при КЗ. Явление резонанса напряжений связано с возникновением следующего резонансного контура: ЭДС системы – эквивалентная индуктивность системы – индуктивное сопротивление ВЛ – емкость УПК.

Существует высокая вероятность возникновения перенапряжений при КЗ на близлежащих линиях, связанная с околорезонансной

настройкой контура, в который входит УПК 500 кВ Тыреть. В качестве примера, рассмотрим возникновение резонансных перенапряжений на ВЛ 500 кВ УПК Тыреть – Ключи (ВЛ-566). На рис. 1 приведены расчетные осциллограммы переходного процесса при возникновении резонансных перенапряжений на УПК 500 кВ Тыреть вследствие КЗ на ВЛ-563 или ВЛ-568. Приведенные расчетные осциллограммы показывают, что при возникающих перенапряжениях наблюдается периодическая смена направления перетоков активной и реактивной мощности, что не позволяет указать конкретное направление перетока реактивной мощности (в линию / к шинам) при возникновении резонансных перенапряжений.

Действующее значение линейного напряжения вблизи ПС 500 кВ Тулун на исследуемой ВЛ-566 при околорезонансной настройке в переходном процессе может достигать 2000 кВ. Резонансные перенапряжения будут возникать как при двухфазных, так и при однофазных КЗ вблизи УПК 500 кВ Тыреть на ВЛ 500 кВ Ново-Зиминская – УПК Тыреть (ВЛ-568) или на ВЛ 500 кВ Тулун – УПК Тыреть (ВЛ-563), отходящих от УПК Тыреть. Данный вывод существенно повышает вероятность возникновения резонанса.

Перенапряжения, вызванные стоком реактивной мощности (односторонние включения ВЛ, разрыв транзита с выделением на холостой ход)

Динамика перенапряжений при стоке реактивной мощности принципиально отличается от динамики перенапряжений, вызванных резонансом. Рассмотрим возможность разрыва транзита Братск-Иркутск при ремонте АТ на ПС Ново-Зиминская и одновременном одностороннем отключении двух ВЛ 500 кВ – ВЛ-566 со стороны ПС Ключи и ВЛ-565 со стороны ПС Иркутская. Данное возмущение является наиболее тяжелым возмущением, связанным со стоком реактивной мощности. Результаты расчета приведены на рис. 2.

Расчетные осциллограммы, приведенные на рис. 2, показывают, что уровни перенапряжений, связанные со стоком реактивной мощности при разрыве транзита Братск – Иркутск, даже в наиболее тяжелом случае будут ниже, по сравнению с резонансными перенапряжениями. При этом не наблюдается периодической смены направления (знака) перетоков активной и реактивной мощности, что позволяет указать конкретное направление перетока реактивной мощности (в линию / к шинам) при возникновении перенапряжений, связанных со стоком реактивной мощности.

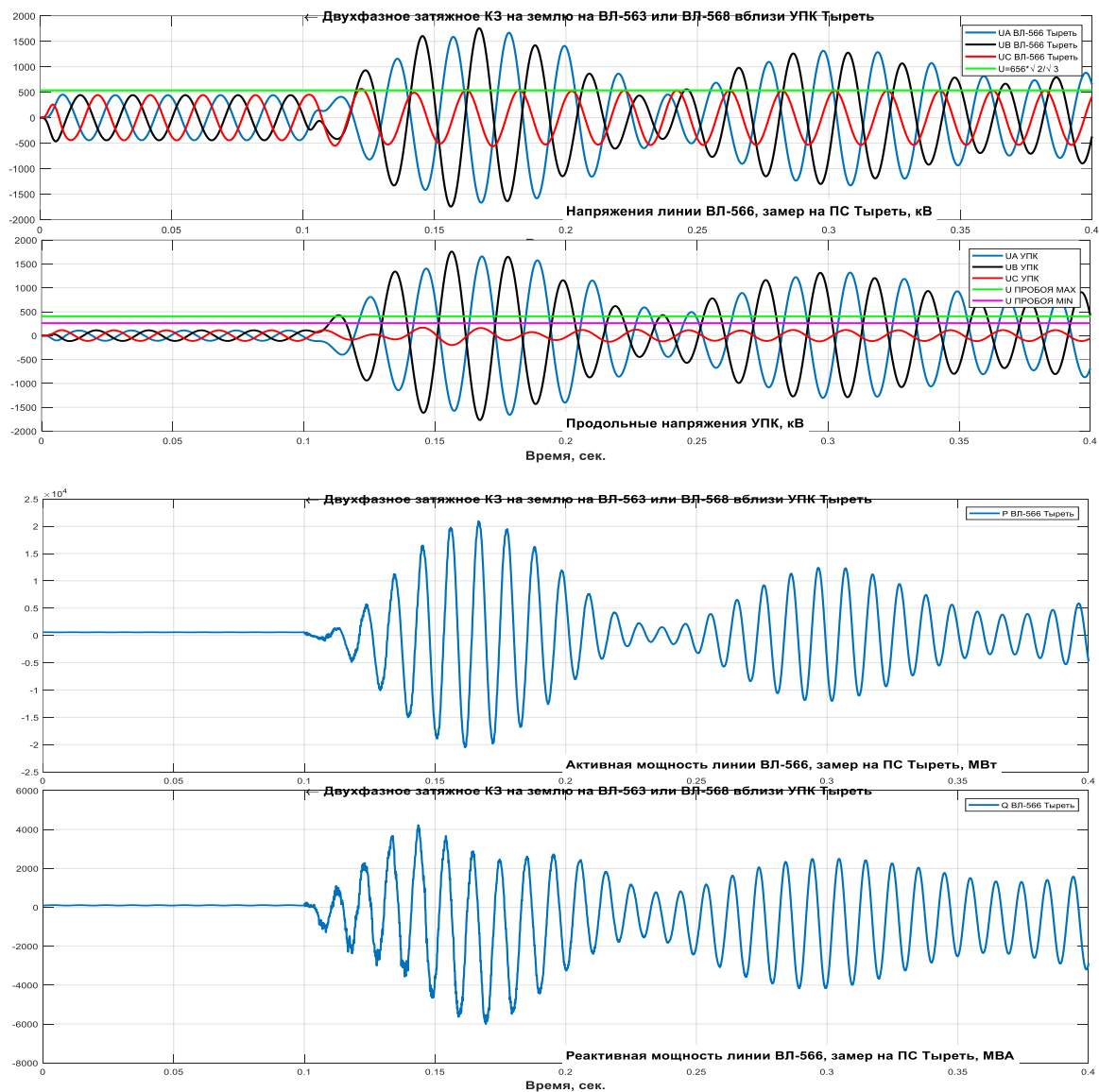


Рис. 1. Осциллограммы переходного процесса при резонансных перенапряжениях. Перенапряжения на конденсаторах УПК Тыреть. Перетоки активной и реактивной мощности по ВЛ-566. Ремонт одного моста УПК ($X=52.6$ Ом). Двухфазное затяжное КЗ на землю вблизи УПК Тыреть на ВЛ-563 или ВЛ-568.

Особенности ликвидации резонансных перенапряжений

Нормально резонансные перенапряжения ликвидируются путем шунтирования УПК по факту пробоя защитного разрядника УПК. При отсутствии пробоя защитного разрядника, резонансное перенапряжение будет ликвидировано от действия РЗ путем отключения поврежденного элемента, время ликвидации перенапряжения соответствует времени ликвидации КЗ на линии. В настоящее время, в связи с длительной эксплуатацией шунтирующих воздушных выключателей

УПК 500 кВ Тыреть, существенно повысилась вероятность события, связанного с отказом защиты УПК (отказ разрядника, шунтирующего воздушного выключателя или его автоматики) с одновременным затягиванием КЗ на линии (отказ выключателя ВЛ, отказ, либо вывод в ремонт основных защит ВЛ).

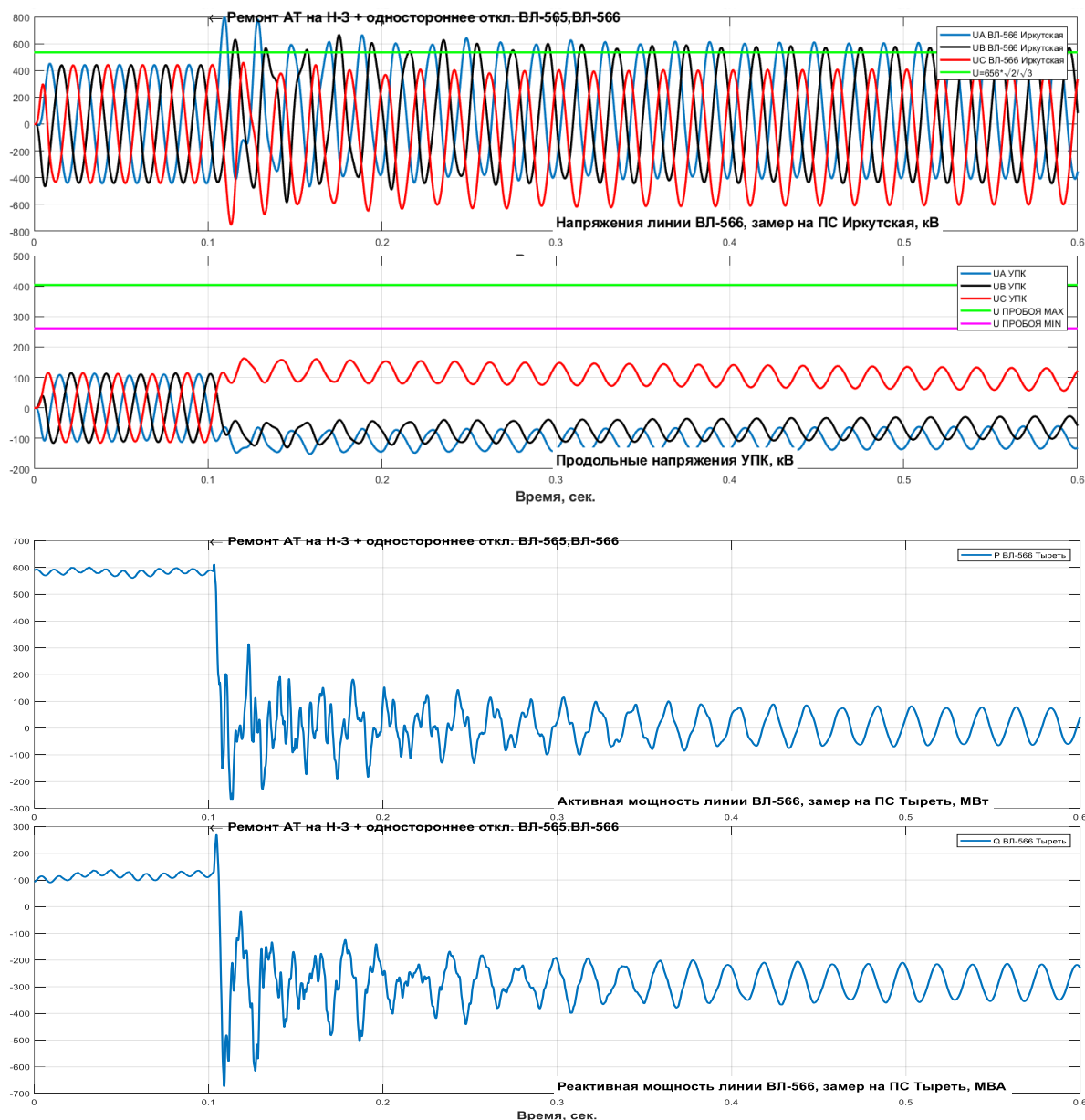


Рис. 2. Осциллограммы переходного процесса при перенапряжениях, связанных со стоком реактивной мощности. Перенапряжения на ВЛ-566. Перетоки активной и реактивной мощности по ВЛ-566. В работе оба моста УПК ($X=26.13$ Ом). Ремонт АТ 500/220 кВ на ПС 500 кВ Ново-Зиминская. Одновременное одностороннее отключение двух ВЛ 500 кВ – ВЛ-566 со стороны ПС Ключи, ВЛ-565 со стороны ПС Иркутская.

В этом случае, защита конденсаторов УПК должна выполняться от действия автоматики АОПН, осуществляющей расстройку резонанса путем разрыва транзита по факту недопустимого превышения напряжения, но без контроля направления стока реактивной мощности, поскольку, как показали расчеты, при околорезонансной настройке наблюдается периодическая смена направления перетоков активной и реактивной мощности. Однако, в соответствии с требованием существующего стандарта, автоматика АОПН обязана срабатывать только при фиксации конкретного направления перетока реактивной мощности, следовательно, АОПН, соответствующая новым стандартам по ПА, не подходит для решения задачи расстройки резонансных перенапряжений.

Для обеспечения надежной ликвидации резонансных перенапряжений от действия автоматики АОПН предлагается вернуть в будущую редакцию стандарта возможность реализации ступеней АОПН, срабатывающих без учета направления стока реактивной мощности. Исключить ложное срабатывание ступени АОПН, работающей без учета стока реактивной мощности, возможно вследствие того, что, как показали расчеты, перенапряжения, вызванные стоком реактивной мощности при односторонних включениях, будут существенно ниже перенапряжений, вызванных резонансом. В частности, в рассмотренном примере максимально возможные межфазные перенапряжения при стоке реактивной мощности составят порядка 730 кВ, величина же резонансных перенапряжений может достигать 2000 кВ.

Заключение

В настоящее время локальная автоматика АОПН является ключевым элементом системы ПАУ, обеспечивающим ликвидацию аварийных состояний ЭЭС, связанных с недопустимым повышением напряжения. Алгоритмы работы автоматики АОПН жестко регламентируются существующими стандартами [1, 2]. Одним из обязательных требований существующего стандарта по ПА является требование о необходимости фиксации направления стока реактивной мощности на элементе, защищаемом АОПН. В данной работе приводится обоснование необходимости корректировки требования обязательной фиксации стока реактивной мощности при защите ВЛ, работающих вблизи УПК. В работе проанализирован характер возникающих перенапряжений для двух различных случаев: 1. резонансные перенапряжения; 2. перенапряжения, вызванные стоком реактивной мощности (односторонние включения ВЛ, разрыв транзита с выделением на холостой ход).

Проведенные расчеты показали, что при резонансных перенапряжениях наблюдается периодическая смена направления перетоков активной и реактивной мощности, что не позволяет указать конкретное направление перетока реактивной мощности (в линию / к шинам). Напротив, при перенапряжениях, вызванных стоком реактивной мощности, не наблюдается периодической смены направления (знака) перетоков активной и реактивной мощности, что позволяет указать конкретное направление перетока реактивной мощности (в линию / к шинам). Таким образом, в соответствии с требованием существующего стандарта, автоматика АОПН, обязанная срабатывать только при фиксации конкретного направления перетока реактивной мощности, не подходит для ликвидации резонансных перенапряжений вблизи УПК. Однако, данная автоматика, безусловно, подходит для ликвидации перенапряжений, вызванных стоком реактивной мощности.

Предлагается рассмотреть возможность корректировки существующего стандарта по ПА с целью разрешения реализации специальной автоматики, действующей на отключение линии по факту недопустимого повышения напряжения без учета направления стока реактивной мощности. Данная автоматика может входить в состав АОПН (отдельная ступень), и может быть надежно отстроена от срабатывания ступеней АОПН с контролем стока реактивной мощности. Отстройка от ступеней АОПН с контролем стока возможна в связи с тем, что уровень резонансных перенапряжений будет существенно выше уровня перенапряжений, связанных со стоком реактивной мощности. В частности, в рассмотренном примере максимально возможные междуфазные перенапряжения при стоке реактивной мощности составят порядка 730 кВ, величина же резонансных перенапряжений может достигать 2000 кВ.

Литература

1. ГОСТ Р 55105-2019. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика энергосистем. Нормы и требования.
- 2, СТО 59012820.29.020.004-2018 «Релейная защита и автоматика. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика. Нормы и требования», Москва, 2018.