

## ГРОЗОЗАЩИТА ДВУХЦЕПНЫХ ЛЭП 35-110 КВ УСТАНОВКОЙ ОПН НА ФАЗАХ

Цель работы – расчёт физических процессов, протекающих в двухцепной воздушной линии (ВЛ) с установленными параллельно гирляндам изоляторов нелинейными ограничителями перенапряжений (ОПН) при ударе молнии в зоне ВЛ. На основе данных расчётов сделать выводы о надёжности грозозащиты линии.

К настоящему времени на кафедре Э, ТВН разработана компьютерная программа по расчету показателя надёжности традиционной грозозащиты ВЛ 110 кВ и выше при ударе молнии в зоне линии электропередач (под показателем надёжности грозозащиты понимается приближенная оценка числа лет безаварийной работы, характеризующая эффективность различных грозозащитных мероприятий и схем).

В разработанной нами программе учтена возможность применения ОПН, устанавливаемых на ВЛ.

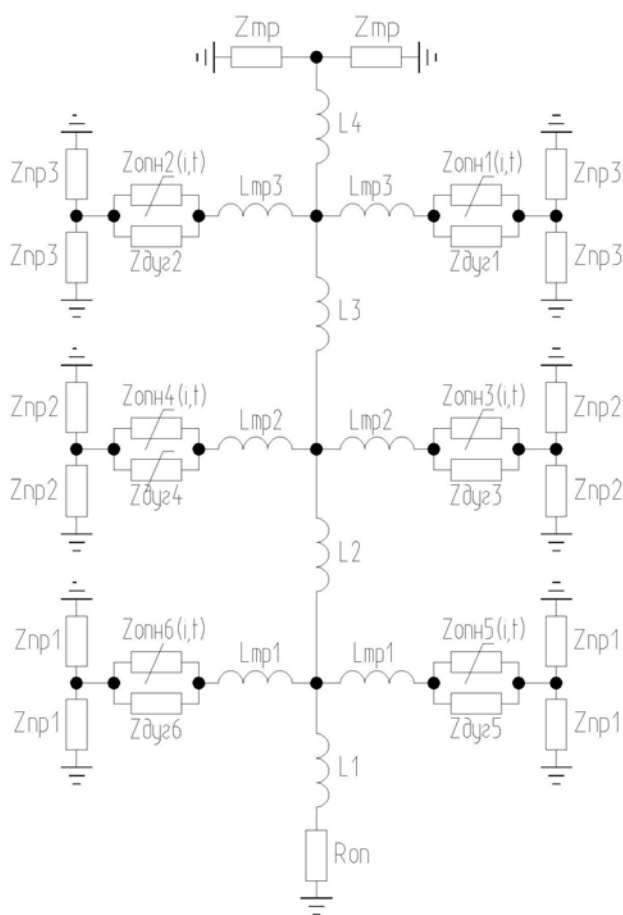


Рис. 1

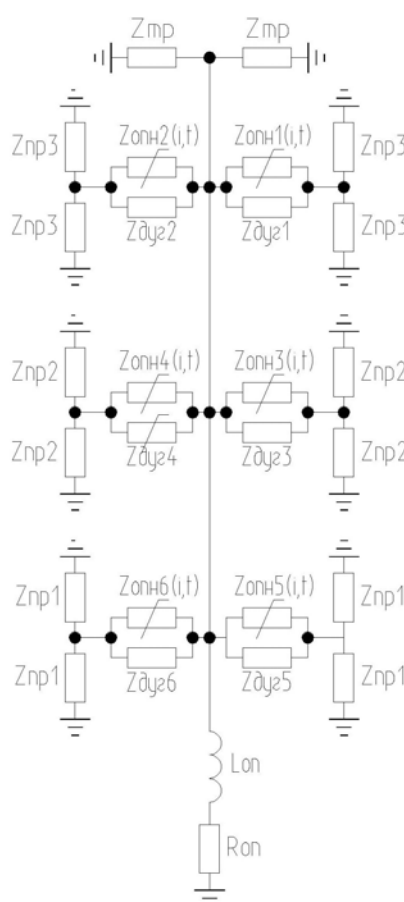


Рис. 2

В математической модели, использованной в программе, импульс молнии представляется как разность двух экспонент с заданными постоянными времени. Тело опоры рассматривается в виде эквивалентной схемы. На рис. 1 представлен вариант эквивалентной схемы для двухцепной опоры с ОПН на каждой фазе обеих линий. Схема представляет собой соединение индуктивностей тела опоры ( $L_1, L_2, L_3$  и  $L_4$ ), индуктивностей траверс ( $L_{TP}$ ), импульсного сопротивления опоры ( $R$ ), волновых

сопротивлений троса ( $Z_{TP}$ ) и фазных проводов ( $Z_{FP}$ ), а также нелинейного сопротивления ОПН ( $Z_{ОПН}$ ).

Нелинейная вольтамперная характеристика (ВАХ) ОПН моделируется степенной функцией  $U = k \cdot I^\alpha$ . Сопротивление  $Z_{ОПН}$  представляет собой соединение нелинейного и активного сопротивлений и индуктивности. В первом приближении моделируем ОПН как чисто активное сопротивление, зависящее от тока, протекающего через него. ВАХ гирлянды изоляторов моделируется при помощи формулы Горева–Машкиллейсона  $U(t) = A \cdot \sqrt{1 + B/t}$ . Сопротивление силовой дуги  $Z_{дуг}$  равно 0 при пробое линейной изоляции (пренебрегаем ВАХ дуги) и  $10^8$  Ом (сопротивление утечки тока по поверхности гирлянды изоляторов) до наступления пробоя и загорания силовой дуги.

В первом приближении индуктивность всего тела опоры концентрируется в одном элементе (рис. 2), что обеспечивает погрешность вычислений не более 3% даже при импульсах молнии с крутым (порядка 1 мкс) фронтом.

Фазные провода и тросы рассматриваются как однородные длинные линии с затуханием и искажением вызываемыми импульсной короной бегущей по ним волны.

Расчёт протекающих в опоре процессов производится посредством численного решения методом итераций нелинейных дифференциальных уравнений.

На данный момент, проведённые в этой программе расчёты показывают, что установка ОПН на верхних фазах надёжно защищает линию от грозовых перенапряжений при прорыве молнии через тросовую защиту.

Дальнейшее развитие программы на основе этой модели даст возможность рассчитать физические процессы в линии при ударе молнии в грозозащитный трос и опору, в том числе и индуцированные перенапряжения, вызванные ударами молнии в зоне ВЛ. Это позволит оценивать надёжности грозозащиты и разрабатывать меры по повышению показателя надёжности.

Повышение уровня грозоупорности двухцепных линий электропередач на данный момент является крайне актуальной задачей. В случае двухцепной линии электропередач с классом напряжений 35 – 110 кВ при ударе молнии, велика вероятность отключения обеих цепей. Такая ситуация недопустима из-за огромных экономических потерь вследствие нарушений технологических процессов вызванных перебоями в электроснабжении предприятий нефтедобывающей сферы, металлургических предприятий и т.д.

В дальнейшем следует решить задачу минимизации количества ОПН обеспечивающего безаварийную работу, на линии что важно из-за их относительно высокой стоимости.