

---

УДК 621.31:005.93

С.М. БАБИЧ, студент гр. МЭСз-31 (БГТУ им. В.Г. Шухова)  
Научный руководитель А.В. САПРЫКА, д.т.н.,  
профессор (БГТУ им. В.Г. Шухова)  
г. Белгород

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭНЕРГОЕМКОСТИ И ТОКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ОПН 110-750 кВ ОТ ДЛИНЫ ПРИСОЕДИНЯЕМОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ**

В сетях 110-750 кВ наибольшие токовые нагрузки возникают при коммутациях ВЛ. При проектировании ОПН рассматривается такое понятие как остающееся напряжение, которым определяется максимальное перенапряжение в заданном месте установки ОПН, оно задается при разработке ОПН заводом изготовителем и является паспортной величиной для рассматриваемого ограничителя перенапряжения. Исходя из принципа работы ОПН, он должен поглотить разность энергий, возникающих при наибольшем и остаточном перенапряжении. [1]

Энергия электрического поля линии электропередач (ЛЭП) протяженностью 1 с емкостью фазы С при максимальном напряжении  $U_{\max}$ :

$$W_{\text{Э}\max} = \frac{1}{2} C \cdot U_{\max}^2. \quad (1)$$

Тогда, энергия электрического поля ВЛЭП протяженностью 1 при остающемся напряжении  $U_{\text{ост}}$  рассчитывается аналогично энергии электрического поля ЛЭП при максимальном напряжении:

$$W_{\text{Э}\text{ост}} = \frac{1}{2} C \cdot U_{\text{ост}}^2. \quad (2)$$

Энергия, поглощаемая ОПН находится из условия работы ОПН, т.е. как разница энергий при максимальном и остающемся напряжении, как было сказано выше.

Таким образом, поглощаемая ОПН энергия равна:

$$W_{\text{ОПНпогл}} = W_{\text{Э}\max} - W_{\text{Э}\text{ост}}. \quad (3)$$

Кроме поглощения энергии ОПН также и рассеивает определенную долю энергии в окружающую среду под воздействием импульса напряжения (перенапряжения).[2]

Рассеиваемая ОПН энергия определяется по выражению:

$$W_{\text{ОПНрасс}} = U_{\text{ост}} \cdot I_{\text{ОПН}} \cdot \Delta t, \quad (4)$$

где  $I_{\text{ОПН}}$  -ток, протекающий в ОПН,  $\Delta t$  -время действующего на ОПН перенапряжения.

Длительность воздействующих на ОПН колебаний напряжения с собственной частотой  $\omega_0$  можно по формуле:

$$\Delta t = \frac{2}{\omega_0} \arccos\left(\frac{U_{\text{ост}}}{U_{\text{max}}}\right). \quad (5)$$

Вводятся несколько новых понятий, а именно понятие коэффициентов максимального и остающегося перенапряжений ОПН, которые равны отношению максимального (остающегося) перенапряжения к амплитуде фазного значения наибольшего длительно-допустимого напряжения ОПН.

$$K_{\text{max}} = \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{НР}}^{\text{А,Ф}}}; K_{\text{ост}} = \frac{U_{\text{ост}}}{U_{\text{НР}}^{\text{А,Ф}}}. \quad (6)$$

Рассмотрим наконец понятие энергоемкости ограничителя перенапряжения.

Энергоемкость ОПН-отношение энергии ОПН к действующему значению наибольшего длительно допустимого фазного напряжения.

$$W_{\text{ОПН}}^{\text{уд}} = \frac{W_{\text{ОПН}}}{U_{\text{НР}}^{\text{А,Ф}}} = \frac{\sqrt{2}W_{\text{ОПН}}}{U_{\text{НР}}^{\text{А,Ф}}} = \frac{l}{\sqrt{2} \cdot v \cdot Z} \cdot U_{\text{НР}}^{\text{А,Ф}} \cdot (K_{\text{max}}^2 - K_{\text{ост}}^2); \quad (7)$$

где  $l$ -длина рассматриваемой ЛЭП;  $v$ -скорость пробега электромагнитной волны;  $Z$ -волновое сопротивление ЛЭП. [3]

Ток пропускной способности ОПН в свою очередь может быть найден по формуле:

$$I_{\text{ОПН}} = \frac{l}{0.004 \cdot v \cdot Z} \cdot U_{\text{НР}}^{\text{А,Ф}} \cdot \frac{(K_{\text{max}}^2 - K_{\text{ост}}^2)}{K_{\text{ост}}}; \quad (8)$$

В качестве расчетных значений рассматривается диапазон длин ВЛЭП от 0 до 500 км, и номинальные напряжения электрической сети от 110 до 750 кВ.

Расчеты энергоемкости ОПН и тока пропускной способности ОПН производятся при помощи программно-вычислительного комплекса MathCAD. По рассчитанным значениям в ПВК MathCAD строятся зависимости энергоемкости и тока пропускной способности ОПН от длины присоединяемой линии. Полученные зависимости представлены на рис. 1 и рис. 2.

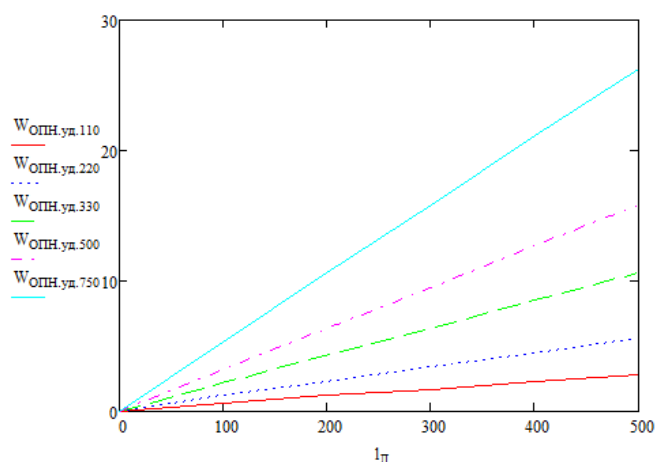


Рис.1. Зависимость удельной энергоемкости ОПН, предназначенных для установки на ПС 110-750 кВ от длины, присоединяемой ЛЭП

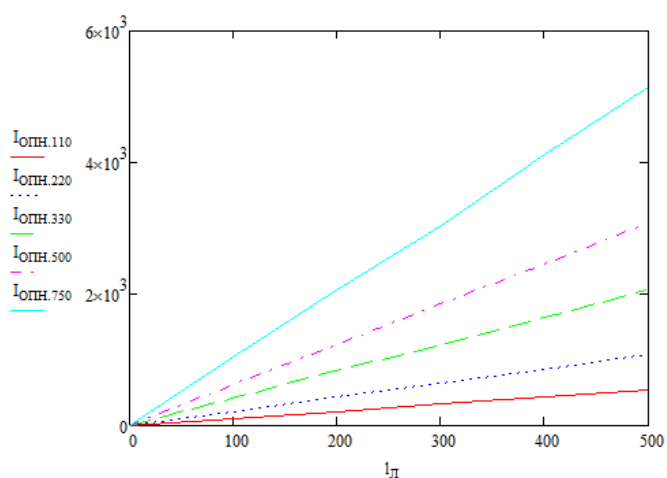


Рис.2. Зависимость тока пропускной способности ОПН, предназначенных для установки на ПС 110-750 кВ от длины, присоединяемой ЛЭП

Исходя из полученных зависимостей видно, что удельная энергоемкость и ток пропускной способности ОПН зависит от длины ЛЭП и класса напряжения. С увеличением уровня напряжения и длины присоединяемой ЛЭП увеличивается удельная энергоемкость и ток пропускной способности ОПН.

---

Список литературы:

1. Управление качеством электроэнергии: учебное пособие / И. И. Карташев, В.Н. Тульский – 3-е изд., доп. и перераб. – М.: Издательский дом МЭИ, 2017. – 347 с.
2. Козлов, В. А., Справочник по проектированию электроснабжения городов / В.А. Козлов, Н.И. Билик, Д.Л. Файбисович – Л.: Энергия, 1986. – 256 с.
3. Розанов, Ю. К. Современные методы улучшения качества электроэнергии (аналитический обзор) / Ю.К. Розанов, М.В. Рябчицкий // Электротехника. – 1998. – № 3. – С. 10-17.

Информация об авторах:

Бабич Сергей Максимович, студент гр. МЭСз-31, БГТУ им. В.Г. Шухова, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д.46, sergei.babich2012@mail.ru

Сапрыка Александр Викторович, д.т.н. профессор, БГТУ им. В.Г. Шухова, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д.46, a\_sapryka@mail.ru