

УДК 621.316.91

## СХЕМЫ С НЕЛИНЕЙНЫМИ ОГРАНИЧИТЕЛЯМИ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ NON-LINEAR SURGE ARRESTERS

А.И. Чечет, Д.А. Сиваков

Научный руководитель – Т.Е. Жуковская, старший преподаватель  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

[zukovskya@bntu.by](mailto:zukovskya@bntu.by)

Chechet A., Sivakov D.

Supervisor – T. Zhukouskaya,  
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

**Аннотация:** в данной статье рассматриваются ограничители перенапряжения нелинейные как аппарат, предназначенный для защиты изоляции электрооборудования от грозовых коммутационных перенапряжений. Так же рассмотрены схемы ОПН и принцип работы.

**Abstract:** This article discusses nonlinear surge arresters as a device designed to protect the insulation of electrical equipment from lightning switching overvoltages. The circuits of the surge arresters and their operating principle are also considered.

**Ключевые слова:** Ограничители перенапряжения нелинейные, ОПН, варистор.

**Keywords:** Non-linear surge arresters, NSA, varistor.

### Введение

**1.1 Ограничитель перенапряжений нелинейный ОПН.** Аппарат, предназначенный для защиты изоляции электрооборудования от грозовых коммутационных перенапряжений. ОПН конструктивно представляет собой колонку варисторов, заключенных в высокопрочный полимерный корпус из высокомолекулярного каучука (в случае полимерной изоляции прибора), либо колонку варисторов, прижатую к боковой поверхности стеклопластиковой трубы, расположенной внутри фарфора (в случае фарфоровой изоляции).

**Основной элемент ОПН — варистор** — переменное, изменяющееся сопротивление. Основная активная часть ОПН состоит из последовательного набора варисторов, соединенных последовательно в «колонку». В зависимости от требуемых характеристик ОПН и его конструкции ограничитель может состоять из одной колонки или из ряда колонок, соединённых последовательно либо параллельно.

### 1.2 Виды ОПН:

#### 1) Фарфоровые ОПН;

Фарфоровые ОПН представляют собой колонку варисторов, прижатую к боковой поверхности стеклопластиковой трубы, расположенной внутри фарфоровой крышки.

#### 2) Полимерные ОПН;

ОПН состоит из колонки варисторов, заключенных в высокопрочный полимерный корпус из высокомолекулярного каучука.

### 3) Одноколонковые ОПН;

Одноколонковые ОПН конструктивно состоят из одной колонки варисторов.

### 4) Многоколонковые ОПН;

Многоколонковые ОПН представляют собой несколько блоков (модулей), которые образуются из определенного числа колонок, соединенных либо последовательно, либо параллельно между собой.

## 1.3 Принцип работы ОПН:

В нормальном режиме ток, протекающий через ограничитель, носит емкостной характер и составляет десятые доли миллиампера. При возникновении волн перенапряжений резисторы ограничителя переходят в проводящее состояние, ток возрастает на несколько порядков, достигая сотен и тысяч ампер и ограничивая при этом дальнейшее нарастание напряжения на выводах до безопасного для защищаемого оборудования уровня. После снижения перенапряжения ограничитель возвращается в непроводящее состояние, сохраняя все свои характеристики.

ОПН комплектуются из большого числа параллельно и последовательно соединенных в колонку варисторов. Число параллельных колонок в ОПН определяется номинальным напряжением сети.

## Основная часть

### 2.1 Схема подключения ограничителя перенапряжения с диодом:

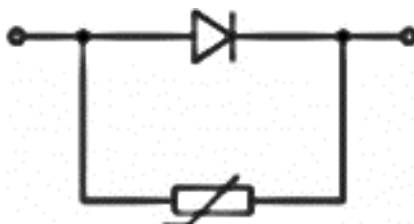


Рисунок. 1 Схема подключения ограничителя перенапряжения с диодом

Принцип работы схемы:

#### 1. При нормальном напряжении:

Диод проводит ток (если включён в прямом направлении). Варистор имеет высокое сопротивление и практически не влияет на работу цепи.

#### 2. При повышении напряжения выше порогового (опасного) уровня:

Сопротивление варистора резко падает, и он начинает проводить ток. Это позволяет отвести избыточный ток в обход диода, защищая схему от перенапряжения.

Такая схема используется как защитное устройство от перенапряжения в различных электронных приборах и сетях.

### 2.2 Схема подключения ограничителя перенапряжения с тиристором:

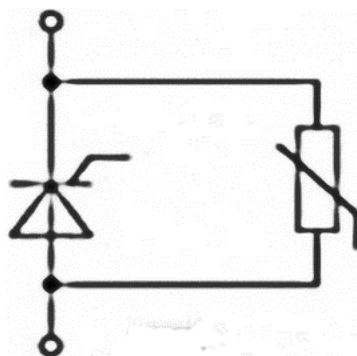


Рисунок 2 Схема подключения ограничителя перенапряжения с тиристором

Принцип действия схемы:

1. Нормальный режим:

Напряжение в цепи ниже порогового значения. Варистор имеет высокое сопротивление и практически не проводит ток. Тиристор находится в закрытом состоянии (если не управляется отдельно) и также не проводит ток. Цепь изолирована — нет утечки энергии.

2. При перенапряжении:

Варистор срабатывает первым — при достижении порогового напряжения его сопротивление резко падает. Возникает ток, который может запустить (открыть) тиристор. Тиристор открывается и создаёт короткое замыкание (или замыкание на нагрузку), тем самым сбивая скачок напряжения или выбивая автомат/предохранитель (в зависимости от конструкции схемы).

Назначение:

Схема используется для активной защиты от перенапряжений в цепях переменного тока, особенно в бытовой и промышленной электронике. Часто применяется в ИБП, блоках питания, сетевых фильтрах и т.д.

### 2.3 Схема подключения ограничителя перенапряжения с транзистором

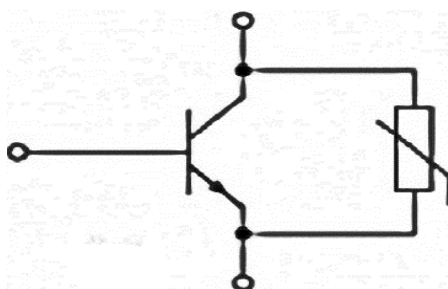


Рисунок 3 Схема подключения ограничителя перенапряжения с транзистором

Принцип действия:

1. Нормальный режим работы:

При подаче сигнала на базу транзистора, он открывается и пропускает ток от коллектора к эмиттеру. Ток протекает через нагрузку (например, реле, лампу, двигатель). Варистор при этом находится в высокоомном состоянии и практически не влияет на схему.

2. При перенапряжении (импульсе на коллекторе):

Если в момент отключения нагрузки возникает высоковольтный импульс (например, из-за индуктивной нагрузки), варистор резко снижает своё сопротивление замыкает импульс на землю (через эмиттер) тем самым защищает транзистор от пробоя по коллектор-эмиттеру.

Назначение:

Схема используется для управления нагрузкой через транзистор, с добавленной защитой от перенапряжения с помощью варистора. Это важно, например, в цепях с индуктивной нагрузкой (катушки, реле, электродвигатели), где при отключении могут возникать опасные скачки напряжения.

**3.1 Рассмотрим на применение ОПН на примере типовой схемы небольшой трансформаторной подстанции с одним силовым трансформатором 160 кВА.**

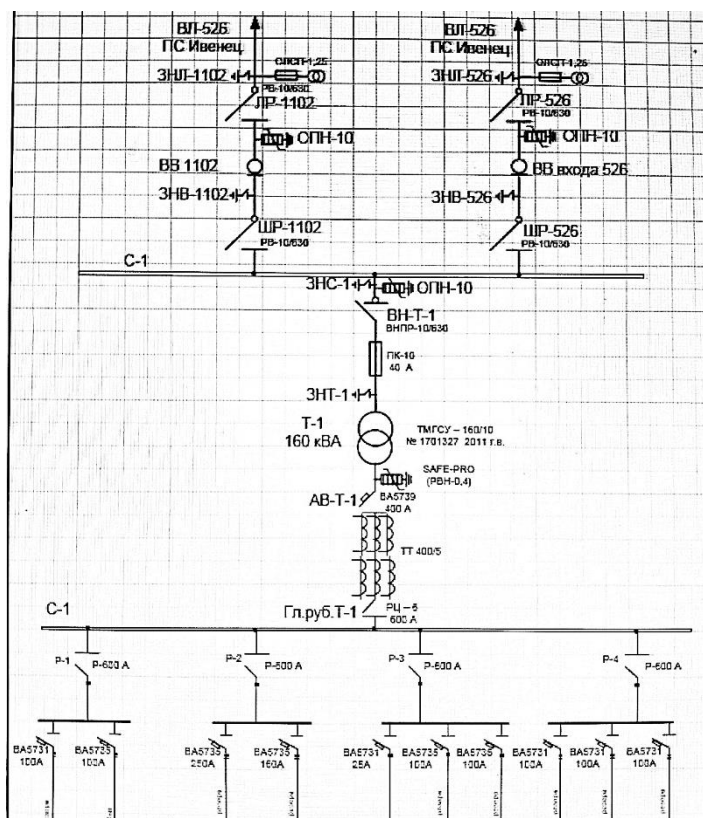


Рисунок 4 Типовая схема трансформаторной подстанции с одним силовым трансформатором 160 кВА.

### Описание однолинейной схемы трансформаторной подстанции:

Схема представляет собой однолинейную схему трансформаторной подстанции (ТП), находящейся в г.п. Ивенец, с одним силовым трансформатором мощностью 160 кВА, предназначенной для приёма электроэнергии от сети 10 кВ и распределения на стороне 0,4 кВ.

#### 1. Высоковольтная сторона (10 кВ)

Источник питания: подстанция ПС Ивенец

Два ввода с воздушных линий: ВЛ-52Б и ВЛ-52Б, каждая линия оборудована: ограничителями перенапряжения ОПН-10, разъединителями ЗНП-1102 и ЗНП-526, выключателями ВВ-1102 и ВВ входа 526, разъединителями ЦР-1102 и ЦР-526, учётно-защитной аппаратурой (например, РВ-10/630).

## 2. Измерительные трансформаторы и защита

Трансформаторы напряжения и тока на стороне 10 кВ установлены для организации коммерческого учёта и релейной защиты. Например, ЗНТ-1+1, ВН-Т1, ПК-10, ТТ 400/5 и др.

Ограничители перенапряжения (ОПН-10) установлены до и после трансформатора для защиты от грозовых и коммутационных перенапряжений.

## 3. Силовой трансформатор

В центре схемы установлен понижающий трансформатор:

Тип: ТМГСУ-160/10

Мощность: 160 кВА

Входное напряжение: 10 кВ

Выходное напряжение: 0,4 кВ

Описание: Герметичный маслонаполненный трансформатор с системой естественного охлаждения, предназначенный для работы в распределительных сетях 10/0,4 кВ.

## 4. Низковольтная сторона (0,4 кВ)

Главный распределительный щит (ГРЩ) после трансформатора установлен вводной автоматический выключатель АВ Т-1 типа ВА5739, номинал 400 А. Далее ток поступает через трансформатор тока ТТ 400/5 на главный рубильник (Гл. руб. Т-1) с шинами на 600 А (РЩ-5).

Отходящие линии несколько отходящих фидеров Р-1 до Р-4, каждый оборудован автоматами Р-600 А. На каждом фидере установлены автоматические выключатели типа ВА5735 или ВА5739 с различными номиналами: 25 А, 100 А, 160 А, 250 А и др. Эти линии обеспечивают питание отдельных групп потребителей (жилые дома, освещение, оборудование и пр.).

## 5. Назначение схемы

Схема обеспечивает приём электроэнергии от сети 10 кВ; защиту и учёт на стороне 10 кВ; понижение напряжения трансформатором ТМГСУ-160/10; распределение электроэнергии на низком напряжении (0,4 кВ) с защитой отходящих линий; надёжную и безопасную эксплуатацию объекта, соответствующую требованиям ПУЭ и ГОСТ.

## Заключение

Применение автоматической системы управления (ОПН) на примере типовой схемы небольшой трансформаторной подстанции с одним силовым трансформатором мощностью 160 кВА демонстрирует значительные преимущества в повышении надёжности и эффективности работы энергосистем. Установление современных систем управления позволяет оптимизировать процессы мониторинга и регулирования, обеспечивая своевременное выявление неисправностей и предотвращение аварийных ситуаций.

## Литература

1. Дмитриев, М.В. Параметры ограничителей перенапряжения / М.В. Дмитриев. – М.: Энергоатомиздат, 2002.
2. Электрические сети. "Параметры ограничителей перенапряжения" [электронный ресурс].
3. Применение ОПН в электрических сетях / Дмитриев М.В. - 2007 г