

---

# **Заглублённые экранирующие кабельные каналы на основе модульных конструкций. Применение для защиты кабелей вторичных систем подстанций ЕНЭС от электромагнитных помех.**

**Налевин Алексей Александрович** - к.т.н., старший преподаватель

**Рыбин Сергей Николаевич** - старший преподаватель

**Рыбин Иван Сергеевич** - ассистент

**Балашов Александр Сергеевич** - ассистент

кафедра РЗиАЭ НИУ "МЭИ"

Оборудование ПС является мощным источником электромагнитных помех. В настоящее время на большинстве существующих ПС ЕНЭС и проектируемых согласно [1] для прокладки кабелей к оборудованию и между зданиями ПС используются поверхностные кабельные лотки, изготовленные по типовой серии 3.407-102 [2]. Коэффициент ослабления внешних электромагнитных помех для таких лотков, согласно СТО 56947007-29.240.044 [3] равен единице, что соответствует открытой прокладке кабелей по поверхности земли. Поэтому они не обеспечивают электромагнитную совместимость (ЭМС) технических средств ПС.

К другим недостаткам таких лотков можно отнести:

- малую кабельную вместимость;
- не обеспечивается разделение сигнальных кабелей и кабелей электропитания на регламентируемое п. 2.3.123 ПУЭ [4] расстояние;
- не предусмотрены и не выпускаются конструкционные элементы, обеспечивающие удобство проектирования и монтажа таких узлов кабельного канала, как поворот, ответвление, пересечение, переход (стыковка) на лоток другого сечения.

Также на ряде ПС ЕНЭС применяются заглубленные лотки, изготавливаемые по типовой серии 3.006.1-2.87 [12.5]. Согласно СТО 56947007-29.240.044 [3] они обеспечивают лучшую, по сравнению с поверхностными лотками, ЭМС. Однако также имеют ряд недостатков, поскольку разрабатывались, преимущественно, для прокладки инженерных коммуникаций:

- при хорошей кабельной вместимости лотка в нем отсутствуют элементы для крепления кабеленесущей арматуры (кабельных стоек с полками);
- отсутствуют конструктивные элементы для заземления кабеленесущей арматуры, что затрудняет выполнение требования п. 2.3.7 ПУЭ [4] об их заземлении;
- не выпускаются конструкционные элементы, обеспечивающие удобство проектирования и монтажа узлов кабельного канала (поворот, ответвление, пересечение, переход (стыковка) на лоток другого сечения и т.п.) - данные узлы обычно выполняются на месте из кирпича, что увеличивает сроки монтажа кабельного канала и снижает его долговечность.

Таким образом, задача разработки лотков, которые обеспечивают дополнительное экранирование вторичных цепей технических средств ПС от воздействия ЭМП, и одновременно удобство проектирования и монтажа кабельных каналов, актуальна.

Контрольные кабели и технические средства на ПС ЕНЭС должны быть защищены от воздействий электромагнитных помех, возникающих при коротких замыканиях, переключениях

---

(коммутациях) первичного оборудования и во вторичных цепях, при ударах молнии, работе устройств высокочастотной связи различного назначения и т.п.

Для защиты низковольтных кабелей используются методы, определенные ГОСТ Р 50571-4-44 [1]. Для защиты кабелей информационных систем применяются требования ГОСТ Р 50571.21 [2] а также требования ГОСТ Р 50571.22 [3]. Защита от помех, создаваемых разрядами молнии выполняется в соответствии с ГОСТ Р МЭК 62305-1 [4].

Для создания ЭМО, обеспечивающей выполнение на объекте требований ЭМС, должны быть выполнены основные и дополнительные (при необходимости) технические мероприятия.

К основным техническим мероприятиям, согласно СТО 56947007-29.240.044 [5] относится принятие технических решений по:

- заземляющему устройству (в том числе величина заглубления, выбор сечения элементов);
- молниезащите;
- компоновке площадки объекта (размещение первичного, вторичного оборудования, молниеотводов и др.);
- кабельной канализации (выбор типа кабельной канализации, трассы, раскладка кабелей в кабельных каналах);
- определение ЭМО и проверка обеспечения требований ЭМС применением технических средств и методами согласно СО 34.35.311 [6].

К дополнительным техническим мероприятиям относятся технические решения по:

- экранированию помещений, в которых установлены ТС;
- применению экранированных кабелей для подключения ТС;
- усилению заземляющего устройства (изменение шага сетки, замена
- материала заземляющего устройства);
- ограничение уровня эмиссии помех в источнике их возникновения.

Основные технические решения по обеспечению допустимых уровней ЭМС следует разрабатывать на стадии проектирования электросетевого объекта с использованием расчетных методов и специализированного программного обеспечения.

Дополнительные технические мероприятия следует выполнить в случае невозможности достижения ЭМО, обеспечивающей требования ЭМС, реализацией только основных технических мероприятий.

Экранирующие свойства канала (степень ослабления ЭМП) из сборных модулей лотка зависят от конструкции модулей, их геометрии и материалов. Определяющую роль в этом играют размеры и количество проводящих элементов в лотке. Чем шире лоток, тем ниже коэффициент экранирования при том же количестве проводящих элементов в его конструкции.

В качестве экранирующего элемента следует использовать конструкционную арматурную решетку модулей лотка. Эффективность её применения для экранирования от внешних ЭМП зависит от размера ячейки решетки.

Достаточное для защиты МП оборудования от импульсных ЭМП значение коэффициента экранирования ( $K_{\text{экр}}$ ) должно быть не менее  $K_{\text{экр}} = 4$  в спектре частот фронта импульса молнии (от 25 кГц и выше).

Для увеличения  $K_{\text{экр}}$  в конструкцию модулей лотка введены шины уравнивания потенциалов (ШУП). В качестве ШУП могут использоваться стальные уголки 50x50x5 мм, проложенные вдоль

верхних ребер модулей лотка, и стальные полосы сечением 50x5 мм, проложенные вдоль внутренней поверхности боковых стенок лотка. Уголки должны быть приварены ко всем элементам поперечной арматуры лотка, а ШУП - к поперечной арматуре не менее, чем в двух точках по концам лотка.

Опыты испытаний показывают, что для обеспечения заданного  $K_{\text{Экр}} = 4$  достаточно использовать четыре ШУП сечением 250 мм<sup>2</sup> каждая. Конструктивно четыре ШУП имеют лотки глубиной 300 и 450 мм, а шесть ШУП имеют лотки глубиной 600 мм.

Экранирующая система кабельного канала из сборных модулей должна присоединяться к ЗУ при помощи электросварки и иметь непрерывную электрическую связь по всей длине канала. Допускается присоединение к ЗУ с помощью болтового соединения при этом условии надёжного обеспечения защиты от коррозии места присоединения заземляющего проводника к ЗУ. Для обеспечения непрерывной электрической связи защитных металлических элементов (арматурной решетки и ШУП) модулей лотка по всей длине кабельного канала ШУП каждого модуля следует соединять на стыках с ответными ШУП соседних модулей.

С целью улучшения растекания компенсационных токов по системе ШУП, в каждом модуле длиной 3 м должна быть сформирована внутренняя поперечная обвязка в виде стальных полос, соединяющих ШУП одной боковой стороны модуля с ШУП другой боковой стороны через дно лотка (рис. 1).

Для присоединения защитных металлических элементов к ЗУ на наружной поверхности лотковых модулей предусмотреть закладные элементы из стали. К ним в процессе монтажа привариваются заземляющие проводники, соединяемые с ЗУ ПС.

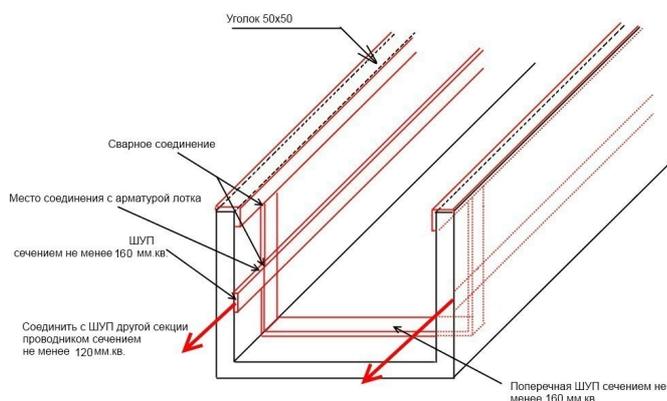


Рис.1 - Поперечная обвязка ШУП в модуле лотка

Присоединение экранирующей системы кабельного канала к ЗУ необходимо производить через некоторое расстояние по длине кабельного канала. Выбор расстояний между промежуточными точками заземления следует делать с учетом расположения горизонтальных заземлителей и размеров ячеек ЗУ, которые определяются проектом и различаются в зависимости от класса напряжения ОРУ и характеристик грунта. Чем выше класс напряжения и длиннее кабельные каналы, тем большим должно быть расстояние между точками заземления кабельного канала. При подходе к зданиям с МП ТС (ОПУ, РЩ и т.п.), по концам канала и в местах приближения канала к первичному оборудованию ПС точки присоединения экранирующей системы канала к ЗУ ПС должны, как правило, находиться не ближе 10-15 м от точек заземления элементов системы молниезащиты, ОПН или разрядников.

Точки заземления кабельного канала должны определяться на этапе проектирования, на

---

основании расчётов параметров ЭМО. При расположении лотков в кабельном канале параллельно в два ряда, места присоединения к контуру заземления предусмотреть по обе стороны кабельного канала.

Таким образом, наличие стандартных модулей позволяет решить сразу несколько проблем при проектировании электрических подстанций ЕНЭС, основными из которых являются удобство проектирования и монтажа кабельных каналов и обеспечение дополнительной защиты от ЭМС.

#### Библиография

1. СТО 56947007-29.240.10.028-2009. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ.
2. Типовая серия 3.407-102. Унифицированные железобетонные элементы подстанций 35-500 кВ.
3. СТО 56947007-29.240.044-2010. Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства.
4. Правила устройства электроустановок. Изд.7. 2002 г..
5. СТО 56947007-29.240.043-2010. Руководство по обеспечению электромагнитной совместимости вторичного оборудования и систем связи электросетевых объектов.
6. СО 34.35.311-2004 Методические указания по определению электромагнитных обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях