

**О. Ю. ГЛЕБОВ**, ст. науч. сотр., НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ»;  
**Д. Г. КОЛИУШКО**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., НИПКИ «Молния»  
НТУ «ХПИ»;  
**Г. М. КОЛИУШКО**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., зам. директора,  
НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ»;  
**А. В. ПЛИЧКО**, НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ»

## **ЗАЗЕМЛЕНИЕ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ НА ПОДСТАНЦИЯХ 330/110 КВ**

В статье приведены основные недостатки заземляющих устройств подстанций 330/110 кВ в части заземления устройств защиты от перенапряжений. Рассмотрено несколько примеров заземляющих устройств подстанций 330/110 кВ, расположенных в различных регионах Украины.

**Ключевые слова:** заземляющее устройство, устройства защиты от перенапряжений, подстанции высокого напряжения.

Внутренние и грозовые перенапряжения входят в ряд основных дестабилизирующих факторов на электроэнергетических объектах, оказывающих существенное влияние на электробезопасность, надежность и эффективность функционирования оборудования этих объектов. Для защиты от указанных воздействий используют специальные устройства (устройства защиты от перенапряжений – УЗП) – разрядники различного типа, нелинейные резисторы – варисторы и др., принцип работы которых основан на значительном уменьшении их сопротивления (то есть уравнивание потенциалов путем замыкания токоведущих частей на землю), что приводит к протеканию больших импульсных токов через УЗП, а, следовательно – и к возникновению значительных напряжений на заземляющем устройстве (ЗУ). Таким образом, для обеспечения надежности и эффективности работы УЗП необходимо выполнить для них ЗУ, обеспечивающее низкое значение цепи разряда. Кроме того, данное ЗУ необходимо выполнить с учетом требований электромагнитной совместимости с вторичными цепями электроэнергетических объектов.

ЗУ является неотъемлемой частью электроустановки, обеспечивающее в аварийных режимах электробезопасность и надежность функционирования энергообъекта [1]. Поэтому оценка состояния ЗУ является актуальной задачей.

С целью контроля состояния ЗУ сотрудниками НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ» и ГП «ДонОРГРЭС» в 2003 году был разработан нормативный документ ГНД 32.20.303 «Випробування та контроль пристроїв заземлення електроустановок. Типова інструкція» [2], который в 2009 году был пересмотрен, дополнен и выпущен как СОУ 31.2-21677681-19:2009 «Випробування та контроль пристроїв заземлення електроустановок. Типова інструкція» [3].

Для проведения электромагнитной диагностики состояния ЗУ сотрудники НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ» разработали измерительный комплекс КДЗ–1У, который введен в Реестр измерительной техники, допущенной к применению в Украине.

На сегодняшний день по указанной методике с использованием разработанного комплекса оборудования сотрудниками НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ» совместно с ООО НПП «Каскад» обследовано более 1000 объектов. Среди них все четыре ныне действующие атомные электростанции, около двух десятков тепловых электростанций, три гидроэлектростанции Днепровского каскада, около 800 подстанций классов напряжений 35–750 кВ, газокomppressorные и нефтеперекачивающие станции, установки связи, а также здания и сооружения промышленного и иного назначения.

Анализ результатов диагностики ЗУ, полученных за последние шестнадцать лет, позволяет утверждать, что ЗУ практически всех объектов на момент обследования не удовлетворяли требованиям ПУЭ как по конструктивному выполнению, так и по значениям контролируемых параметров.

Основными недостатками с точки зрения заземления УЗП можно считать следующие.

1. УЗП присоединено к ЗУ не отдельным проводником (т.е. включено последовательно с другим оборудованием подстанции), что является нарушением требований п.1.7.159 ПУЭ:2006. В случае срабатывания УЗП это приведет к возникновению высокого напряжения на конструкции того оборудования, последовательно с которым УЗП включено в ЗУ.

2. УЗП присоединено к ЗУ длинным проводником (10 м и более), хотя согласно требованиям п.1.7.106 ПУЭ:2006 максимальная длина заземляющего проводника не должна превышать 1,5 м, а согласно п.1.7.107 ПУЭ:2006 необходимо обеспечивать как можно меньшую длину заземляющего проводника. Этот недостаток приводит к снижению эффективности работы УЗП вследствие увеличения полного сопротивления цепи разряда.

3. УЗП присоединено к группе оборудования, которое связано между собой горизонтальными заземлителями, но связи с ЗУ подстанции не имеет, что является нарушением требований п.1.7.66 и п.1.7.77 ПУЭ:2006. Этот недостаток также приводит к снижению эффективности работы УЗП, так как в аварийных ситуациях потенциал обособленного заземлителя группы оборудования будет очень существенно отличаться от потенциала ЗУ подстанции.

4. УЗП присоединено к ЗУ на значительном расстоянии (по длине горизонтального заземлителя) от защищаемого оборудования, например, силового трансформатора или автотрансформатора. Этот недостаток также приводит к снижению эффективности работы УЗП, так как потенциал точки заземления нейтрали трансформатора или автотрансформатора будет существенно отличаться от потенциала точки заземления УЗП.

5. УЗП установлены вдоль (вблизи) кабельного канала и их заземляющие проводники присоединены к металлоконструкции канала, что в случае

срабатывания УЗП приведет к электрическому пробое изоляции кабелей вторичных цепей.

На большинстве обследованных подстанций 330/110 кВ имеет место хотя бы один из указанных недостатков, а иногда и их сочетание.

Для иллюстрации указанных недостатков ниже на рисунках приведены примеры заземляющих устройств подстанций, расположенных в различных частях Украины.

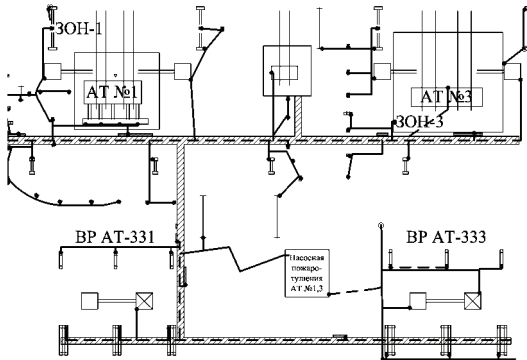
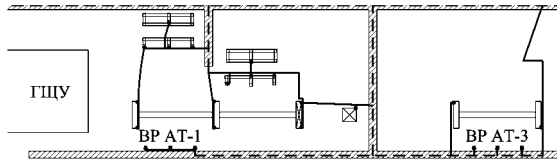


Рисунок 1 – Фрагмент плана подстанции 330/150 кВ

На рис. 1 изображен фрагмент плана подстанции 330/150 кВ, расположенной в центральной части Украины. В верхней части рисунка расположены разрядники 150 кВ (ВР АТ-1 и ВР АТ-3), предназначенные для защиты автотрансформаторов АТ № 1 и АТ № 3 на стороне 150 кВ. Указанные УЗП присоединены только к металлоконструкции кабельного канала, вдоль которого они установлены.

В средней части рисунка расположено собственно защищаемое оборудование – автотрансформаторы АТ № 1 и АТ № 3, а также их заземлители нейтрали ЗОН-1 и ЗОН-3 соответственно.

В нижней части рисунка расположены разрядники 330 кВ (ВР АТ-331 и ВР АТ-333), предназначенные для защиты АТ № 1 и АТ № 3 на стороне 330 кВ. ВР АТ-331 также присоединены только к металлоконструкции кабельного канала. Следует заметить, что точки заземления нейтралей авто-

трансформаторов (ЗОН-1 и ЗОН-3) настолько удалены (по заземлителям) от точек заземления разрядников, что эти связи даже не попали на данный фрагмент подстанции размером 80×90 м.

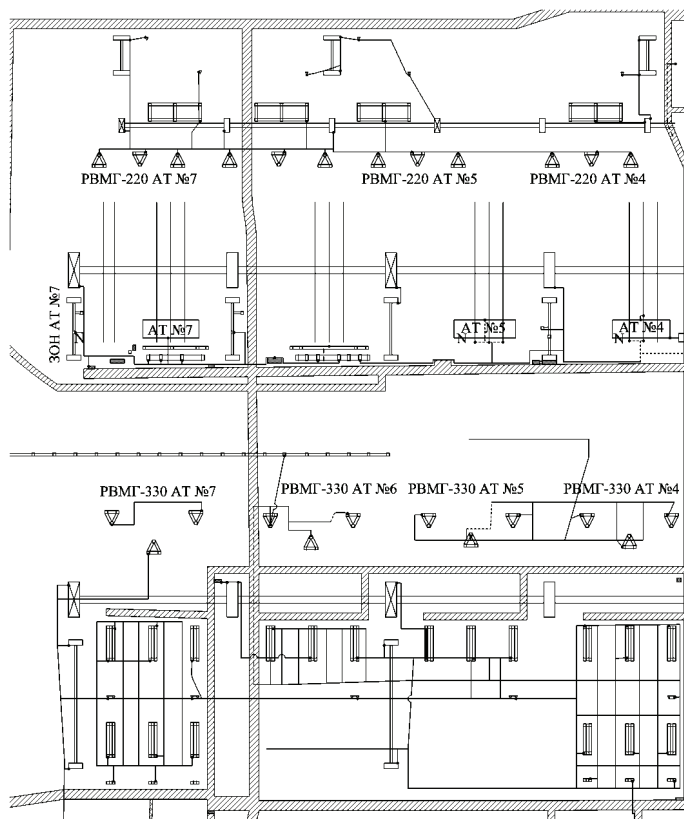


Рисунок 2 – Фрагмент плана подстанции 330/220/110 кВ

На рис. 2 изображен фрагмент плана подстанции 330/220/110 кВ, расположенной в восточной части Украины. В верхней части рисунка расположены разрядники 220 кВ (PBMГ-220 АТ № 7, PBMГ-220 АТ № 5 и PBMГ-220 АТ № 4), предназначенные для защиты АТ № 7, АТ № 5 и АТ № 4 на стороне 220 кВ. Указанные УЗП присоединены короткими заземляющими проводниками к магистрали заземления, но сама магистраль соединена с ЗУ подстанции последовательно через металлоконструкцию портала.

В средней части рисунка расположены автотрансформаторы АТ № 7, АТ № 5 и АТ № 4, а также заземлитель нейтрали ЗОН АТ № 7 и точки (N) заземления нейтралей АТ № 5 и АТ № 4, расположенные на металлоконструкции

баков соответствующих автотрансформаторов.

В нижней части рисунка расположены разрядники 330 кВ (РВМГ-330 АТ № 7, РВМГ-330 АТ № 6, РВМГ-330 АТ № 5 и РВМГ-330 АТ № 4), предназначенные для защиты АТ № 7, (АТ № 6 демонтирован для кап. ремонта), АТ № 5 и АТ № 4 на стороне 330 кВ. Имеет место две группы оборудования, не присоединенного к ЗУ подстанции: две фазы разрядника РВМГ-330 АТ № 7; все фазы разрядников РВМГ-330 АТ № 5 и РВМГ-330 АТ № 4. Одна фаза разрядника РВМГ-330 АТ № 7 присоединена к ЗУ подстанции заземляющим проводником длиной около 20 м. РВМГ-330 АТ № 6 присоединены к металлоконструкции кабельного канала.

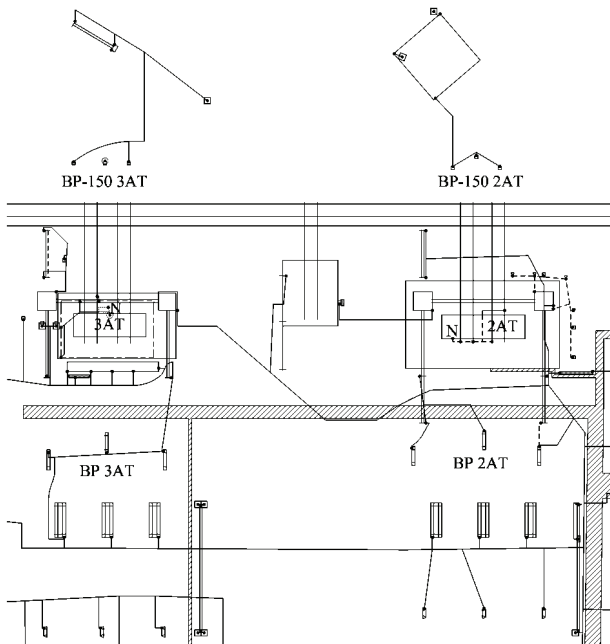


Рисунок 3 – Фрагмент плана подстанции 330/150 кВ

Также как и в предыдущем примере, точки заземления нейтралей автотрансформаторов настолько удалены (по заземлителям) от точек заземления разрядников, что эти связи даже не попали на данный фрагмент подстанции размером 100×110 м.

На рис. 3 изображен фрагмент плана подстанции 330/150 кВ, расположенной в южной части Украины. В верхней части рисунка расположены разрядники 150 кВ (BP-150 3АТ и BP-150 2АТ), предназначенные для защиты 3АТ и 2АТ на стороне 150 кВ. Указанные УЗП образуют две группы оборудования, не присоединенного к ЗУ подстанции.

В средней части рисунка расположены автотрансформаторы 3АТ и 2АТ,

а также точки (N) заземления нейтралей 3АТ и 2АТ, расположенные на металлоконструкции баков соответствующих автотрансформаторов. Нейтрали 3АТ и 2АТ не присоединены отдельными ответвлениями к ЗУ подстанции.

В нижней части рисунка расположены разрядники 330 кВ (ВР 3АТ и ВР 2АТ), предназначенные для защиты 3АТ и 2АТ на стороне 330 кВ. Разрядника ВР 2АТ присоединены к ЗУ подстанции заземляющими проводниками длиной от 5 до 10 м.

### **Выводы**

1. Необходимо выполнить работы по электромагнитной диагностике состояния ЗУ для всех энергообъектов и составить паспорта на ЗУ с исполнительными схемами.

2. Во время строительства и реконструкции подстанций осуществлять контроль проведения монтажа ЗУ. Акт скрытых работ оформлять после полной проверки ЗУ на соответствие проектной документации. Особое внимание следует уделять местам заземления УЗП и нейтралей трансформаторов и автотрансформаторов.

3. Для определения напряжения на ЗУ при срабатывании УЗП, установленных вблизи кабельных каналов, целесообразно выполнять измерение сопротивления заземлителя УЗП импульсному току нормированной амплитуды и формы (например, 8/20 мкс).

**Список литературы:** 1. Кац Е. Л., Меньшов Б. Г., Целебровский Ю. В. Заземляющие устройства электроустановок высокого и низкого напряжений. Сер. «Электрические станции и сети» (Итоги науки и техники). – М., ВИНТИ, 1989. 2. ГНД 32.20.303 «Випробування та контроль пристроїв заземлення електроустановок. Типова інструкція». ОЕП «ГРІФРЕ». – К.: 2010. 3. СОУ 31.2-21677681-19:2009 «Випробування та контроль пристроїв заземлення електроустановок. Типова інструкція». ОЕП «ГРІФРЕ». – К.: 2010.

*Поступила в редколлегию 10.10.2013*

УДК 621.316.9

**Заземление устройств защиты от перенапряжений на подстанциях 330/110 кВ / О. Ю. Глебов, Д. Г. Колиушко, Г. М. Колиушко, А. В. Пличко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2013. – № 60 (1033). – С. 51-57. – Бібліогр.: 3 назв.**

В статті наведено основні недоліки заземлюючих пристроїв підстанцій 330/110 кВ в частині заземлення пристроїв захисту від перенапруг. Розглянуто декілька прикладів заземлюючих пристроїв підстанцій 330/110 кВ, розташованих в різних регіонах України.

**Ключові слова:** пристрій заземлення, пристрої захисту від перенапруг, підстанції високої напруги.

The main defects of grounding system for grounding of overvoltage protection devices are given in the paper. Also several examples of high voltage substations grounding system from different regions of Ukraine are considered in the paper.

**Key words:** grounding system, overvoltage protection devices, high voltage substations.