

# ОБЗОР ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Возрастающая потребность в электроэнергии приводит к сооружению в непосредственной близости от жилых районов новых трансформаторных подстанций (ПС) и увеличению мощности и количества уже существующих. Источниками наибольшего шума являются силовые трансформаторы и воздушные выключатели высокого напряжения, установленные на открытых распределительных устройствах ПС. В статье рассматриваются некоторые технические решения, применяемые для снижения шумового воздействия высоковольтных ПС на прилегающую к ним территорию.

## Источники шума и шумовые характеристики оборудования

Влияние подстанций (ПС) на окружающую среду может иметь электрический или неэлектрический характер. Электрическое влияние проявляется в виде:

- выноса электрического потенциала за границы ПС;

- электромагнитных полей, оказывающих влияние на физиологическое состояние биологических объектов, попадающих в зону их воздействия, а также на функционирование электронных приборов, выполненных на базе микропроцессорных интегральных схем [1].

Неэлектрическое влияние приводит к отчуждению территории, негативным изменениям ландшафта, загрязнению вод маслом, а также возникновению шума. Источниками шума на ПС являются прежде всего трансформаторы (постоянный шум) и воздушные выключатели (импульсный шум), а также воздушные компрессоры. Последние обычно монтируются в здании, и шум, являющийся следствием их работы, не обременителен для окружения, а акустические явления, связанные с электрическим разрядом, незначительны [2].

Шумовыми характеристиками оборудования, создающего постоянный шум, являются уровни звуковой мощности в октавных полосах частот со среднегеометрическими значениями 31,5–8000 Гц; создающего непостоянный шум – эквивалентный и максимальный уровни звуковой мощности [3].

Воздействие шума от воздушных выключателей носит кратковременный (длительностью до 1 с) импульсный ха-

рактер. Уровень шума на расстоянии около 4 м от воздушных выключателей составляет 105...135 дБА при выключении; при включении он оказывается на несколько децибел меньше [2].

Негативное влияние шума, возникающего при коммутациях воздушными выключателями, устраняется путем замены их на масляные или элегазовые, у которых шумовой порог значительно ниже, чем у воздушных. Применение таких выключателей позволяет исключить их из источников шумового воздействия на прилегающую территорию.

Трансформаторы являются источником постоянного шума не только механического, но и аэродинамического происхождения. Аэродинамический шум, производимый силовыми трансформаторами, создается дутьевыми устройствами системы охлаждения и в ряде случаев может быть более интенсивным, чем механический.

Механический шум в трансформаторах вызывается вибрацией пластин электротехнической стали сердечника трансформатора. Вибрация через масло и узлы сопротивления активной части передается на бак, а от него – в окружающую среду на низких частотах. При эксплуатации масляного бака трансформатора в течение нескольких лет механический шум может усиливаться за счет дополнительной вибрации, вызванной ослаблением его крепления.

Уровень шума зависит не столько от загрузки и номинального напряжения трансформатора, сколько от его номинальной мощности и размеров. Так, например, уровень шума, обусловленного



**А.М. КОРОТКЕВИЧ,**  
к.т.н., директор  
РУП «Белэнергосетьпроект»



**В.М. ШИКУТЬ,**  
заведующий сектором  
охраны окружающей среды  
строительного отдела



**М.А. ДРАКО,**  
м.т.н., заведующий  
электротехнической  
лабораторией отдела учета  
и качества электроэнергии

работой трансформатора мощностью 10 МВА, ориентировочно составляет 65...75 дБА, мощностью 400 МВА – 100...108 дБА. Шумовое воздействие вентиляторов, охлаждающих трансформаторы мощностью 10 МВА, оценивается в 75...90 дБА, охлаждающих трансформаторы мощностью 400 МВА – в 88...108 дБА [2].

Скорректированные уровни звуковой мощности (нормируемые величины шумовой характеристики) трансформатора в зависимости от типовой мощности, класса напряжения и вида системы охлаждения не должны превышать значений, указанных в [3].

**Проектные решения по защите от структурного шума**

Влияние шума на здоровье человека может быть различным: от простого раздражения до серьезных патологических заболеваний всех внутренних органов и систем. При длительном воздействии шума у человека снижается острота зрения и слуха, концентрация внимания, повышается артериальное давление. Повышенный шум может стать причиной бессонницы, быстрого утомления, агрессивности, привести к серьезному расстройству психики.

Согласно [4] для защиты от структурного шума, возникающего при работе закрытых ПС, помещений с нормируемыми уровнями шума при проектировании должны соблюдаться следующие условия:

- помещения встроенных ПС не должны примыкать к защищаемым от шума помещениям;
- встроенные ПС должны располагаться в подвалах или на первых этажах зданий;
- трансформаторы должны быть установлены на виброизоляторы.

Важным мероприятием по охране окружающей среды является снижение шума, генерируемого трансформаторами открытых распределительных устройств ПС, до приемлемого для населения уровня, что достигается установкой звукоизолирующих устройств в виде шумозащитных экранов (ШЗЭ).

Свойство ШЗЭ снижать шум основано на способности отражать и рассеивать падающие на них звуковые волны. Наибольший эффект от использования экранов достигается в области высоких частот, наименьший – в области низких [5].

ШЗЭ выполняются сплошными и помещаются между трансформатором и защищаемой зоной (например, жилым районом). В зависимости от требований экран может устанавливаться с одной, двух или трех сторон.

**Опыт внедрения мероприятий по снижению шумового воздействия ПС**

Вопросы внедрения мероприятий по снижению уровня шума рассмотрим на примере некоторых проектов, разработанных специалистами РУП «Белэнергосетьпроект» и прошедших Государственную экспертизу [6–8].

Для полного расчета санитарно-защитной зоны подстанции к анализу принимаются не менее 8 расчетных точек, располагаемых вокруг ПС на равном радиальном расстоянии (начиная с северного направления).

Так, ПС 110/10 кВ «Юго-Западная» находится на территории Московского района г. Минска в квартале жилой застройки улиц Есенина, Слободской и Космонавтов и является источником внутриквартального шума. Ближайшая многоэтажная

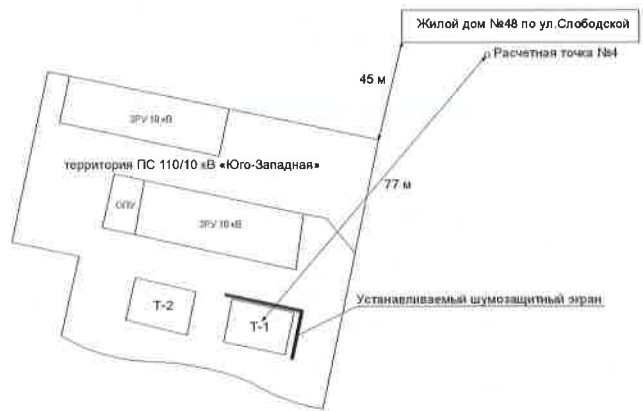


Рис. 1. Схема расположения ПС «Юго-Западная» по отношению к ближайшей жилой застройке

жилая застройка (жилой дом № 48 по улице Слободской) расположена в 45 м от ограждения ПС (рис. 1).

Согласно проектному заданию перед разработчиками стояла задача по увеличению номинальной мощности силовых трансформаторов с 25 до 40 МВА, что неизбежно привело бы к увеличению шумового воздействия на прилегающую к подстанции жилую застройку. Предварительно был произведен расчет уровня шума от двух силовых трансформаторов без учета и с учетом установки ШЗЭ (см. таблицу) [6].

Согласно выполненным расчетам, при установке на ПС двух силовых трансформаторов мощностью по 40 МВА, ожидаемый уровень шума в расчетной точке № 4 превысил бы допустимый для жилой застройки на частотах 63, 125, 250, 500, 1000 и 2000 Гц. Поэтому проектом реконструкции ПС «Юго-Западная» в качестве мероприятия по снижению уровня шума до допустимых пределов была предусмотрена установка ШЗЭ возле силового трансформатора в направлении жилой застройки (результаты расчета представлены в таблице). Экран конструктивно представляет собой Г-образную стену размером 15×6 м высотой 7,35 м, выполненную из железобетонной панели толщиной 120 мм, а также резонирующей кладки из кирпича керамического толщиной 380 мм. После установки ШЗЭ ожидаемый уровень шума на территории, прилегающей к ПС, не превысит допустимые нормы.

Подобным образом было обеспечено снижение шумового воздействия на жилую застройку двух силовых трансформаторов мощностью по 40 МВА каждый при разработке проекта реконструкции ПС «Барановичи-Южная» в г. Барановичи [7]. Для решения задачи был установлен П-образный шумозащитный экран размером 9×33×9 м высотой 7,35 м.

Необходимо отметить, что конструкция ШЗЭ, выполненного из железобетонных панелей и резонирующей кирпичной кладки, хотя и обладает хорошими звукопоглощающими свойствами, однако при эксплуатации ПС создает определенные неудобства для обслуживания оборудования, так как является капитальным неразборным строением. В таких случаях лучше применять экраны, выполняемые из быстромонтируемых конструкций (БМК). На период ремонтных работ такие ШЗЭ можно разбирать, а после их завершения – вновь монтировать силами обслуживающего персонала с минимальным применением строительной техники.

Так, при разработке проекта реконструкции ПС 110 кВ «Ивацевичи», где также было необходимо снизить уровень воздействия шума на жилую застройку до нормативных пока-

Таблица. Расчет уровня шума от открытой ПС в расчетной точке № 4 в проекте реконструкции ПС «Юго-Западная» в г. Минске без учета и с учетом установки ШЗЭ

Определяемые величины	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровни звукового давления трансформатора 40 МВА	107	101	94	90	88	79	70	61	60
Суммарный уровень шума от двух трансформаторов	110	104	97	93	91	82	73	64	63
Допустимый уровень звукового давления в период с 7 до 23 ч на площадках отдыха на территории жилых домов в каждой октавной частоте с поправкой «-5 дБ»	78	62	52	44	39	35	32	30	28
Требуемое снижение уровня звукового давления	32	42	45	49	52	47	41	34	35
Снижение шума за счет увеличения расстояния от источников шума до расчетной точки № 4 до 77 м	39,3	39,3	39,3	39,4	39,5	39,8	40,2	41,1	43
Уровень звукового давления в расчетной точке № 4	70,7	64,7	57,7	53,6	51,5	42,2	32,8	22,9	20
Превышение уровня шума в расчетной точке № 4	—	2,7	5,7	9,6	12,5	7,2	0,8	—	—
Уровень снижения звука шумозащитным экраном	10,5	13,2	16,1	19	22,1	25,1	28,1	31,1	34,1
Уровень звукового давления в расчетной точке № 4	60,2	51,5	41,6	34,6	29,4	17,1	4,7	—	—
Превышение уровня шума в расчетной точке № 4	—	—	—	—	—	—	—	—	—

зателей, возле силовых трансформаторов со стороны жилой застройки была предусмотрена установка ШЗЭ из облегченных БМК П-образной формы высотой 6 м и размерами 15×9 м [8]. Экран (рис. 2) состоит из стоек, устанавливаемых в сверленные котлованы с интервалом 3 м, шумозащитных ударопрочных звукопоглощающих непрозрачных панелей с наполнением из минеральной ваты Rockwool.

Применение таких ШЗЭ приводит к снижению уровня звука на 28 дБ [9].

При нахождении ПС в промышленных зонах и возле автодорог ШЗЭ также может выполнять функции физической преграды для защиты трансформаторов от распространения загрязняющих компонентов: вредных химических веществ, взвешенных частиц, тяжелых металлов.

**Заключение**

Традиционно для снижения шумового воздействия трансформаторов, установленных на открытых подстанциях, применяются шумозащитные экраны, выполненные из кирпича или железобетонных плит. Между тем опыт проектирования свидетельствует, что в перспективе для этих целей целесообразнее применять шумозащитные экраны, выполняемые из быстромонтируемых конструкций. Такие экраны имеют ряд эксплуатационных преимуществ, в частности, их конфигурацию можно быстро скорректировать при проектировании и монтаже в зависимости от направления, в котором требуется обеспечить снижение шума.

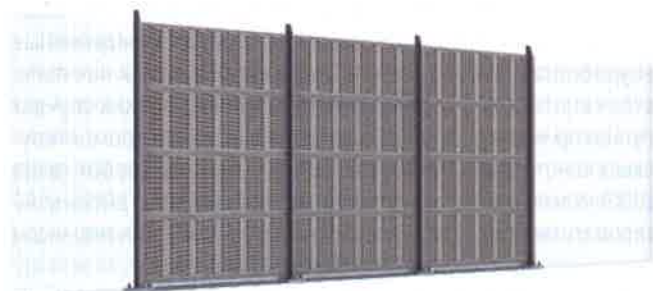


Рис. 2. Внешний вид участка экрана, используемого для снижения шумового воздействия ПС 110 кВ «Ивацевичи»

При проектировании ПС необходимо производить расчет уровня шума от силовых трансформаторов с применением специализированного программного обеспечения, что дает возможность рассчитать размеры санитарно-защитной зоны между ПС и жилой застройкой, а при невозможности соблюдения норм допустимого шума – разработать мероприятия по снижению шумового воздействия.

Считаем, что расчет уровня шума и разработка мероприятий по его снижению являются важными составляющими процесса проектирования силовых подстанций, расположенных в границах населенных пунктов.

**Список литературы**

1. Драко, М.А. Оценка уровня электромагнитных полей на подстанциях напряжением 35–750 кВ / М.А. Драко, А.М. Короткевич, О.А. Мойсеевко // Энергетическая стратегия. – 2016. – № 4(52). – С. 22–24.
2. Жежеленко, И.В. Электромагнитная совместимость в электрических сетях: учеб. пособие / И.В. Жежеленко, М.А. Короткевич. – Минск: Выш. шк., 2012. – 197 с.
3. Система стандартов безопасности труда. Шум. Трансформаторы силовые масляные. Нормы и методы контроля: ГОСТ 12.2.024-87. – Введ. 01.01.1989. – Минск: Комитет по стандартизации, метрологии и сертификации при Совете Министров Республики Беларусь, 1992. – 16 с.
4. Защита от шума. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-2.04-154-2009. – Введ. 01.01.2010. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010.
5. Тупов, В.Б. Опыт снижения экраном уровня шума силовых трансформаторов / В.Б. Тупов, М.В. Беляков, Д.В. Чугунков // Электрические станции. – 2010. – № 10. – С. 38–40.
6. Проект № 8826/7-01-т2. «Реконструкция ПС110/10 кВ «Юго-Западная» с заменой трансформатора и строительством второго ЗРУ-10 кВ». Расчет санитарно-защитной зоны подстанции ПС 110/10 кВ «Юго-Западная», РУП «Белэнергосетьпроект», 2009.
7. Проект № 4638/2-01-т3. «Реконструкция ПС 110/35/10 кВ «Барановичи-Южная» в г. Барановичи». Расчет санитарно-защитной зоны подстанции ПС 110/35/10 кВ «Барановичи-Южная», РУП «Белэнергосетьпроект», 2010.
8. Проект № 7435/4-44-т6.1. «Реконструкция ПС-110/35/10 кВ «Ивацевичи» Брестской области». Охрана окружающей среды от шумового воздействия от силовых трансформаторов проектируемого объекта, РУП «Белэнергосетьпроект», 2014.
9. Альбом архитектурных решений. Шумозащитные экраны. ОАО «Завод акустических конструкций», Россия, Санкт-Петербург, 2014.