

Рис. 6

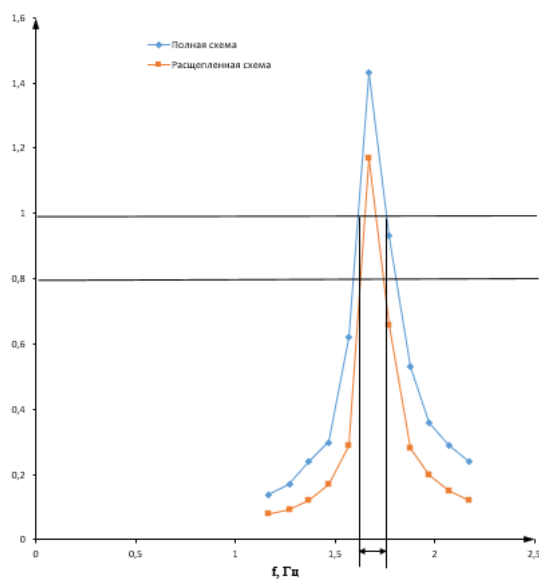


Рис. 7

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Резонанс в параллельном колебательном контуре основного вида наступает на той же частоте, что и резонанс в последовательном контуре, состоящем из таких же элементов.
2. Резонансная частота токов в параллельном резонансном контуре основного вида и с неполным включением сохраняется.
3. Входное сопротивление параллельного контура с неполным включением снижается по сравнению с контуром с полным включением. Это свойство широко применяется на практике для согласования контура и источника питания.
4. Результаты работы внедрены в учебный процесс.

Литература

1. Нейман, Л. Р. Теоретические основы электротехники / Л. Р. Нейман, К. С. Демирчян. – 5-е изд. – СПб., 2014. – Т. 1. – 416 с.
2. Добротворский, И. Н. Лабораторный практикум по основам теории цепей / И. Н. Добротворский. – М.: Высш. шк., 1986. – 190 с.

РЕЗЕРВНОЕ ТОПЛИВОСНАБЖЕНИЕ КОТЕЛЬНЫХ РУП «ГОМЕЛЬЭНЕРГО», РАБОТАЮЩИХ В ПИКОВОМ РЕЖИМЕ

О. Ю. Морозова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научные руководители: А. В. Шаповалов, Н. З. Заглубоцкий

В работе проводится анализ обоснованности и перспективности планируемого перевода котельных филиала «Гомельские тепловые сети» РУП «Гомельэнерго», функционирующих в пиковом и основном режимах выработки тепловой энергии, с резервного мазутного топливоснабжения на печное бытовое топливо (ПБТ) в качестве резервного либо аварийного источника топливоснабжения.

Как известно, еще с советских времен в качестве резервного источника топливоснабжения котельных и ТЭЦ в Республике Беларусь использовался мазут. Данный вид топлива являлся стратегическим, поэтому долгое время вопрос о замене его на какой-либо альтернативный вариант даже не рассматривался.

Однако в соответствии с Протоколом заседания Республиканской комиссии по контролю за осуществлением расчетов за природный газ, электрическую и тепловую энергию Совета Министров Республики Беларусь от 26.06.2011 г. в целях экономии топливно-энергетических ресурсов Министерству энергетики было поручено исключить сжигание топлива на поддержание мазутного хозяйства на пиковых котельных.

Помимо этого вопрос, связанный с заменой резервного мазутного источника топливоснабжения пиковых котельных на альтернативный, очередной раз остро встал после получения рекомендаций Гомельского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды от 17.05.2018 г. в связи с тем, что массовая доля выбросов серы в окружающую среду, образующаяся при сжигании мазута является крайне высокой (для мазута используемой марки М-100 составляет от 2,5–3 % и более).

Кроме того, в соответствии с экологическими нормами и правилами (ЭкоНиП), утвержденными Постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды от 18 июля 2017 г., нормы выбросов диоксида серы при сжигании жидкого топлива для котельных установок (КУ) номинальной мощностью более 100 МВт, введенных в эксплуатацию в определенные сроки, должны соответствовать следующим значениям:

– для КУ, введенных в эксплуатацию с 01.01.1975 г. до 01.07.2006 г. – 850 мг/м³ (0,85 %);

– для КУ, введенных в эксплуатацию с 01.07.2006 г. до 31.12.2018 г. – 400 мг/м³ (0,4 %);

– для КУ, введенных в эксплуатацию с 1 января 2019 г. – 200 мг/м³ (0,2 %).

Также установлено, что в настоящее время из-за глубокой переработки мазута на белорусских нефтеперерабатывающих заводах условная вязкость мазута марки М-100 при 100 °С составляет более 6.8 ВУ. Для его устойчивого горения требуется повысить температуру разогрева со 125 °С, как было ранее и на которую были спроектированы подогреватели мазута и горелки котлов, до 135 °С и более. Помимо этого для применения мазута высокой вязкости требуется выполнить реконструкцию мазутного хозяйства и горелок котлов, а также увеличить расход пара, а следовательно, и топлива на его разогрев. В процессе эксплуатации на теплотехническом оборудовании мазута глубокой переработки, который поставляется в данный момент времени на котельные установки, было выявлено, что использование подобного высоковязкого мазута приводит к физическому загрязнению и порче оборудования.

В связи со всем вышеизложенным и согласно разработанной «Схеме теплоснабжения г. Гомеля на 2025 год с перспективой до 2030 года» (далее – Схема) принято решение перевести на резервное либо аварийное топливоснабжение с использованием печного бытового топлива взамен мазута пиковую котельную «Западная», пиковую котельную «Северная», Гомельскую ТЭЦ-1 и районную котельную «Черниговская».

При этом в соответствии со СНиП II-35–76 «Котельные установки» виды и объемы потребления основного, резервного и аварийного топлива, а также необходимость резервного или аварийного топлива для котельных устанавливаются с уче-

том категории котельной и в соответствии с утвержденными схемами теплоснабжения по согласованию с топливоснабжающими организациями.

Исходя из данных требований и в соответствии со Схемой, печное бытовое топливо планируется использовать на следующие нужды и в следующих объемах: на пиковой котельной «Западная» – в качестве аварийного топлива, требуемый суммарный объем которого должен быть не менее 558 м^3 ; пиковой котельной «Северная» предписано использовать печное бытовое топливо в качестве аварийного источника топливоснабжения с требуемым суммарным объемом не менее 611 м^3 ; на Гомельской ТЭЦ-1 печное бытовое топливо планируется использовать в качестве резервного при сжигании в существующих горелках котлов. Требуемый суммарный объем ПБТ при этом – не менее 1200 м^3 ; районной котельной «Черниговская» предлагается использование печного бытового топлива в качестве резервного топлива, которое может сжигаться в существующих горелках котлов без их реконструкции. Требуемый суммарный объем ПБТ при доставке автомобильным транспортом составит не менее 460 м^3 (5-суточный запас), при доставке по железной дороге – 943 м^3 (10-суточный запас).

Во всех случаях горелки котлов, согласно рекомендациям Схемы, можно будет использовать без дополнительной реконструкции, а способ доставки, объем резервуаров для хранения печного бытового топлива и их исполнение будут уточнены при последующем проектировании.

Рассмотрим оба вида топлива производства Мозырского нефтеперерабатывающего завода, которые используются на котельных установках Республики Беларусь – мазут марки М-100, который соответствует ГОСТ 10585–2013, и печное бытовое топливо, изготавливаемое согласно ТУ ВУ 400091131.004–2009.

Одной из основных характеристик, отображающих экологичность топлива, является массовая доля серы, образующаяся при сжигании. Данный показатель для рассматриваемых видов топлива составляет – до 0,5 % для ПБТ и до 3 % для мазута. Помимо соответствия требованиям экологических нормативов, низкое содержание серы позволяет обеспечить увеличение срока службы отопительного оборудования.

Еще одной существенной характеристикой топлива является зольность – негорючий остаток из минеральных смесей от полного сгорания топлива. Высокое значение данного показателя приводит к отложению сажи на стенках теплогенерирующего оборудования, что способствует снижению эффективности нагрева. Показатель зольности мазута довольно низкий (до 0,14 %) по сравнению с другими видами топлив, но гораздо выше, чем у печного бытового топлива (до 0,02 %). Следовательно, использование печного бытового топлива будет предпочтительнее мазута и по данному показателю.

Проанализировав наиболее значимую характеристику топлива – его теплотворную способность, которая характеризуется удельной теплотой сгорания и отображает количественный расход топлива (чем выше теплота сгорания, тем меньше расход топлива) – получаем, что данный показатель выше у печного бытового топлива и достигает $42,5 \text{ МДж/кг}$ при том, что для мазута низшая теплота сгорания около 40 МДж/кг , следовательно, ПБТ является более экономичным вариантом.

При переходе на печное бытовое топливо предполагается также снижение потребляемой тепловой мощности на нужды резервного топливного хозяйства, что требует изменения традиционной схемы разогрева жидкого топлива с переходом на низкопотенциальные теплоносители. В качестве такого вида теплоносителя предполагается использовать обратную сетевую воду.

Основным и существенным экономическим преимуществом при переходе на печное бытовое топливо является то, что будут исключены расходы на так называемые «собственные нужды» содержания мазутного хозяйства. Данный факт становится очевидным, исходя из сравнения температуры застывания обоих видов топлива.

Температура застывания мазута М-100 составляет +25 °С, что вызывает необходимость постоянного подогрева мазута до так называемой «температуры незаствывания». Данный показатель для печного бытового топлива зависит от календарного периода и составляет: в период с 1 октября по 31 марта – не выше –15 °С; в период с 1 апреля по 30 сентября – не выше –5 °С.

Стоимость мазута марки М-100 производства МНПЗ по состоянию на 01.03.2020 г. составляет порядка 700 р./т, стоимость светлого печного бытового топлива, используемого в промышленных котельных установках, того же производителя варьируется в пределах 1115–1230 р./т и зависит от температуры застывания (чем ниже температура застывания, тем дороже топливо). Но, исключив расходы на постоянный подогрев мазута, будет достигнут значительный экономический эффект, не взирая на более высокую стоимость предлагаемого альтернативного вида топлива.

Технологически переход с мазута на ПБТ не влечет за собой существенного технического перевооружения существующего топливного хозяйства и крупных капиталовложений. Для сжигания ПБТ можно использовать те же горелки и форсунки, что и для сжигания мазута. Для подачи ПБТ в котельную возможно применение уже имеющихся винтовых насосов с электродвигателями.

Печное бытовое топливо не требует создания для хранения особых температурных и влажностных условий. Достаточно обеспечить хорошую вентиляцию. При производстве добавляются присадки, повышающие морозостойкость, поэтому печное топливо удобно хранить и использовать в зимнее время. Также нет необходимости создавать дополнительную систему газопроводов. Обычно печное топливо перевозят в автоцистернах, бензовозах и бочках с помощью железнодорожного или автомобильного транспорта. Цистерны должны иметь внизу отверстие для удобного слива топлива, а также систему контроля давления, чтобы не ставить под вопрос безопасность. При транспортировке рекомендуют емкость полностью не заполнять, оставляя примерно 5 % общего объема свободным.

Таким образом, переход на печное бытовое топливо в качестве резервного или аварийного источника топливоснабжения на котельных филиала «Гомельские тепловые сети» РУП «Гомельэнерго» является перспективным ввиду:

- обеспечения соответствия экологическим нормативам, регламентируемым ЭкоНиП, по выбросам серы в процессе горения;
- существенно меньших экономических и энергетических затрат, требуемых на разогрев печного бытового топлива по сравнению с мазутом;
- обеспечения увеличения срока службы и безопасности использования оборудования за счет исключения использования топлива, обладающего высокой вязкостью;
- минимальных затрат на модернизацию существующих элементов котельного оборудования.