

Моделирование подпиточного насоса с учетом энергосбережения

Л. П. Козлова

Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И.Ульянова (Ленина)
tigrenok59@mail.ru

О. А. Козлова

Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
k_olga_a@mail.ru

Аннотация. Оборудование котельных включает в себя большое количество насосных аппаратов, которые потребляют большое количество электроэнергии. В связи с этим Российская Федерация переходит на международные стандарты, требующие повышения эффективности использования насосного оборудования.

Ключевые слова: насосное оборудование; подпиточный насос; модель; энергосбережение; рабочий диапазон

I. ВВЕДЕНИЕ

Подпиточный насос входит в комплект насосного оборудования котельных. Преимущественно это центробежные насосы с электроприводом. Они служат для пополнения воды при ее утечке из системы во время работы. Особенностью этого насоса является необходимость перемещать небольшое количество воды при достаточно высоком напоре.

С 1 августа 2015 г. показателем эффективности насосного оборудования с учетом электродвигателя установлена максимально возможная величина индекса энергетической эффективности $EEI \leq 0,23$.

С 1 января 2018 года введен ГОСТ 33970-2016 (EN 16480:2016) Энергетическая эффективность. Насосы центробежные для воды. Определение минимально необходимых значений коэффициента полезного действия и индекса энергетической эффективности устанавливает требования, в котором приведены требования к энергетическим показателям центробежных насосов.

С этой целью постоянно совершенствуются устройства, агрегаты и системы, направленные на улучшение управления насосами, за счет повышения уровня автоматизации [1].

II. ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для выбора подпиточного насоса выдвигаются следующие требования:

- должен создавать напор, превышающий давление в обратном контуре;
- напор должен быть больше гидравлического сопротивления датчика давления, трубопровода;

- расход нормы утечки должен равняться половине процента от объема теплоносителя в котловом и отопительном контуре.

Для расчета параметров двигателя примем:

- давление сетевой воды первичного контура на выходе из котельной $P_1 = 294,3$ кПа, давление на входе в котельную $P_2 = 147,2$ кПа, и соответственно температуры $T_1 = 110$ °С, $T_2 = 80$ °С.

- давление сетевой воды вторичного контура, на выходе из котельной $P_1 = 539,6$ кПа, давление на входе в котельную $P_2 = 147,2$ кПа, и соответственно температуры $T_1 = 95$ °С, $T_2 = 70$ °С.

Напор подпиточного насоса принимают равным статическому напору $H_{\text{пн}} = H_{\text{ст}}$.

Определим максимальную производительность (G_1) в греющем контуре насоса первичного контура:

$$G_1 = \frac{Q_1}{T_1 - T_2} = \frac{6 \cdot 10^6}{110 - 80} = 200, \text{ м}^3/\text{час},$$

где Q – объем воды перекачиваемой насосом в первичном контуре, $\text{м}^3/\text{час}$.

По полученному значению количества воды выберем насос с параметрами:

- производительность $G = 120$ $\text{м}^3/\text{час}$;
- напор $H = 14$ м. в. ст;
- мощность электродвигателя $P = 7.5$ кВт;
- скорость электродвигателя $n = 1450$ об/мин.

Определим максимальную производительность (G_2) в греющем контуре насоса вторичного контура:

$$G_2 = \frac{Q_2}{T_1 - T_2} = \frac{6 \cdot 10^6}{95 - 70} = 240, \text{ м}^3/\text{час}.$$

По полученному значению количества воды выберем насос с параметрами:

- производительность $G = 120 \text{ м}^3/\text{час}$;
- напор $H = 45 \text{ м. в. ст.}$;
- мощность электродвигателя $P = 30 \text{ кВт}$,
- скорость электродвигателя $n = 2900 \text{ об/мин.}$

По результатам расчета выполнена проверка на соответствие требованиям [2].

III. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для разработки математической модели подпиточного насоса (рис. 1) использована библиотека Sim Power System. Модель включает асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, инвертор на IGBT – транзисторах, источник постоянного напряжения, блок измеритель токов статора, ротора двигателя, а так же частоту вращения и момент на валу двигателя. Блоки ABC-XY и XY-ABC осуществляют преобразование неподвижной трехфазной системы координат во вращающуюся двухфазную и затем в неподвижную трехфазную в соответствии с принципами.

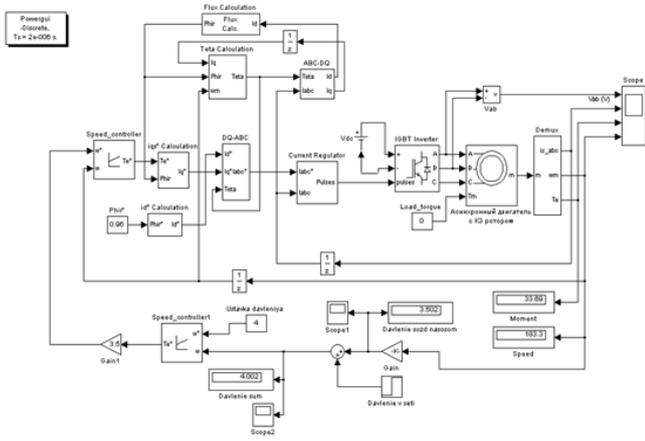


Рис. 1. Математическая модель подпиточного насоса

Исследования проводились для различных значений давления в сети:

1. При давлении в сети $P = 0,5 \text{ кг/м}^2$.

На рис. 2 представлены результаты моделирования напряжения сети, токов статора, момента на валу двигателя, и частоту вращения $\omega = 183 \text{ рад/с}$.

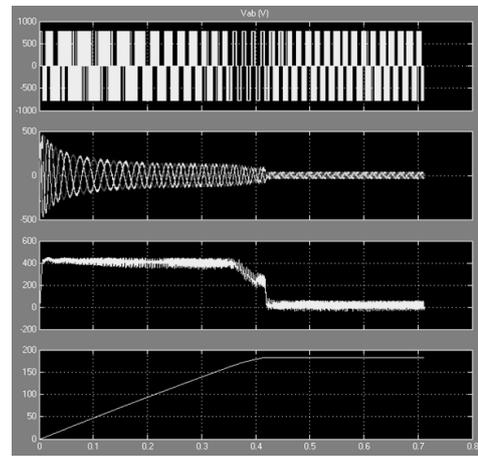


Рис. 2. Результаты моделирования при $P = 0,5 \text{ кг/м}^2$

На рис. 3. представлены графики давления в сети и давления создаваемого насосом соответственно.

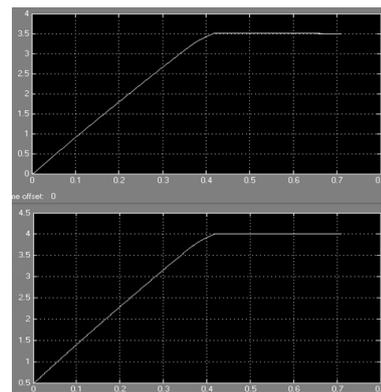


Рис. 3. Зависимости давления в сети и давления создаваемого насосом при $P = 0,5 \text{ кг/м}^2$

1. При давлении в сети $P = 2 \text{ кг/м}^2$.

На рис.4 представлены результаты моделирования напряжения сети, токов статора, момента на валу двигателя, и частоту вращения $\omega = 103 \text{ рад/с}$.

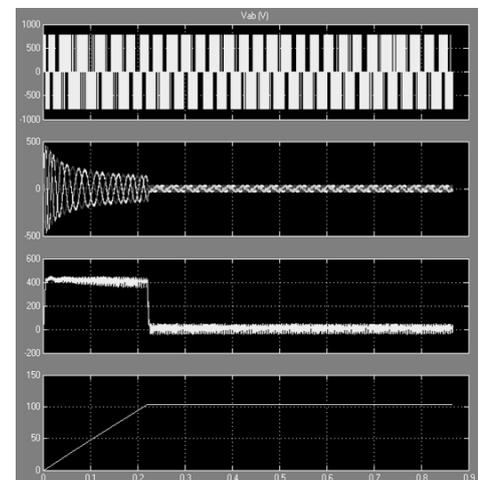


Рис. 4. Результаты моделирования при $P = 0,5 \text{ кг/м}^2$

На рис. 5. представлены графики давления в сети и давления создаваемого насосом соответственно.

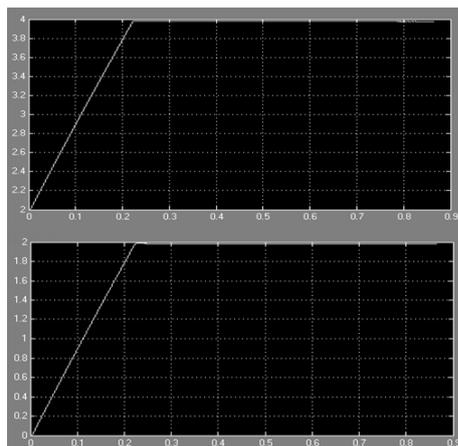


Рис. 5. Зависимости давления в сети и давления создаваемого насосом при $P = 2 \text{ кг/м}^2$

Из результатов видно, что при изменении давления выполняется условие $H_{\text{пн}} = H_{\text{ст}}$.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренная модель подпиточного насоса с электроприводом выполнять требования по энергоэффективности в соответствии с ГОСТ 33970-2016 (EN 16480:2016) [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Kozlova L.P., Kozlova O.A. Application of Fuzzy Logic for Implementation Pumping Equipment with Account Energy Efficiency / Proceedings of 2017 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2017, pp. 171-173
DOI: 10.1109/SCM.2017.7970529.
- [2] ГОСТ 33970-2016 (EN 16480:2016) Энергетическая эффективность. Насосы центробежные для воды. Определение минимально необходимых значений коэффициента полезного действия и индекса энергетической эффективности. М.: Стандартинформ, 2018. 52 с.