

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТАТИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СЕТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ НАСОСНОГО АГРЕГАТА ПРИ ЧАСТОТНОМ РЕГУЛИРОВАНИИ

¹В.В. Павлов, ²А. А. Капанский

^{1,2}Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого

¹mcplov24@gmail.com, ²kapanski@mail.ru

Аннотация. Для плавного регулирования напорной характеристики насоса в условиях необходимости поддержания заданного давления сети водоснабжения повсеместно применяются преобразователи частоты. Для обоснования экономической эффективности внедрения частотного-электропривода на центробежные насосы в предпроектных расчётах и энергетических обследованиях используют формулу подобия насосов без учета особенностей эксплуатации и гидравлических параметров сети.

Авторы статьи показывают, что применяемая для оценки эффективности кубическая зависимость изменения мощности при регулировании частоты является частным случаем, в котором не учитывается статическая составляющая водопроводной сети. В статье приводится анализ степени влияния геометрического уровня отметок водопровода на частотную характеристику мощности потребления насоса.

Ключевые слова: насосный агрегат, активная мощность потребления, статическая характеристика сети, напорная характеристика насоса.

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE STATIC COMPONENT OF THE WATER SUPPLY NETWORK ON THE CHANGE IN THE POWER CONSUMPTION OF THE PUMPING UNIT UNDER FREQUENCY CONTROL

¹V. V. Pavlov, ²A. A. Kapanski

^{1,2}Gomel State Technical University named after P.O. Sukhoi

¹mcplov24@gmail.com, ²kapanski@mail.ru

Abstract. For smooth regulation of the pressure characteristic of the pump in the conditions of the need to maintain the set pressure of the water supply network, frequency converters are widely used. To justify the economic efficiency of introducing a frequency-electric drive to centrifugal pumps, in pre-project calculations and energy surveys, the pump

similarity formula is used without taking into account the operation features and hydraulic parameters of the network.

The authors of the article show that the cubic dependence of power change during frequency control used to evaluate the efficiency is a special case in which the static component of the water supply network is not taken into account. The article provides an analysis of the degree of influence of the geometric level of water pipe marks on the frequency response of the power consumption of the pump.

Keywords: pumping unit, active power consumption, static characteristic of the network, pressure characteristic of the pump.

Для исследования экономического эффекта мощности от регулирования скорости вращения рабочего колеса электронасоса пользуются уравнением подобия [1, 2, 3, 5]:

$$\frac{N_1}{N_2} \approx \left(\frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^3, \quad (1)$$

где N_1, N_2 – мощность насоса в 1-м и 2-м режиме работы соответственно, Вт; ω_1, ω_2 – скорость вращения ротора в 1-м и 2-м режиме работы соответственно, с^{-1} .

Рассмотрим условие, при котором степенной показатель соотношения мощностей в формуле (1) является кубическим. Для этого необходимо обратиться к классической формуле расчета мощности насоса [1, 4, 5]:

$$N = \frac{\rho \cdot Q \cdot H \cdot g}{\eta_n}, \quad (2)$$

где ρ – плотность перекачиваемой жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$; Q – подача воды, $\text{м}^3/\text{с}$; H – напор насоса, м; η_n – КПД насоса, отн.ед; g – ускорение свободного падения.

Проанализируем уравнение (2) представив мощность как $N = f(\omega)$. Для этого выразим фактический расход, напор через частоту вращения [1, 2, 5]:

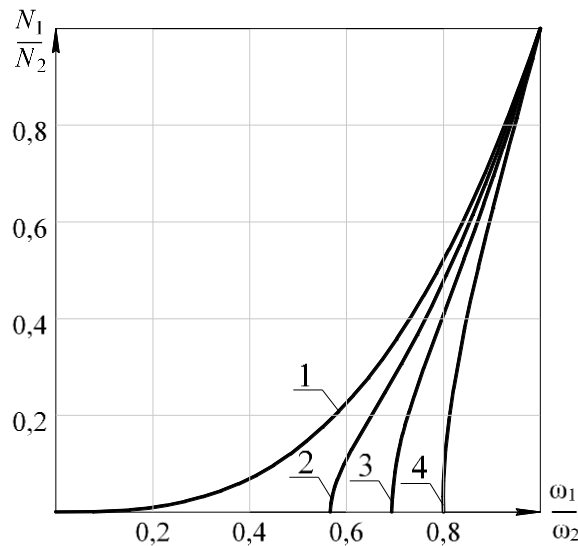
$$Q = Q_{\text{НОМ}} \cdot \sqrt{\frac{H_\phi \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_{\text{НОМ}}} \right)^2 - H_c}{H_\phi - H_c}}, \quad (3)$$

$$H = H_c + (H_{\text{ном}} - H_c) \cdot \frac{H_\phi \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_{\text{ном}}} \right)^2 - H_c}{H_\phi - H_c}; \quad (4)$$

В формулах (3) произведем замену переменных $\omega/\omega_{\text{ном}}$ на ω_y . Тогда, путем подстановки в формулу (2) уравнений (3), (4) с учётом введённой замены ω_y и приняв $H_c=0$ получим:

$$N = \frac{\rho \cdot Q_{\text{ном}} \cdot H_{\text{ном}} \cdot \omega_y^3 \cdot g}{\eta_H}. \quad (5)$$

При статическом моменте не равном нулю преобразование до вида формулы (5) громоздко и неудобно. Поэтому представим мощность как функцию двух переменных, зависящую от ω_y и отношения H_c/H_ϕ . С помощью СКМ MathCad графически изобразим полученные результаты, задаваясь различными значениями H_c/H_ϕ изобразим семейство характеристик (рисунок 1):



Оценка влияния степени изменения мощности при частотном регулировании для различных соотношений H_c/H_ϕ :

$$1 - H_c/H_\phi = 0; \quad 2 - H_c/H_\phi = 0.32; \quad 3 - H_c/H_\phi = 0.48; \quad 4 - H_c/H_\phi = 0.64.$$

Источники

1. Nakimyanov, M.I. Methodological bases calculation of power consumption of electric drives booster and group pumping station / M.I. Nakimyanov, B.V. Guzeev, L.A. Ryabishina // Electrical and data processing facilities and systems. – 2014. – № 3, v. 10. – P. 15–20.
2. Грачева Е.И., Горлов А.Н., Шакурова З.М. Анализ и оценка экономии электроэнергии в системах внутриводского электроснабжения. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2020;22(2):65-74. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2020-22-2-65-74>.
3. Грунтович, Н. В. Оценка текущего состояния энергоэффективности технологических систем водоснабжения и водоотведения / Н. В. Грунтович, А. А. Капанский // Энергоэффективность. – 2016. – № 8. – С. 20–24.
4. Kapanski, A., Hruntovich, N., Bakhur, S., Markaryants, L., & Dolomanyak, L. (2020). Optimize the cost of paying for electricity in the water supply system by using accumulating tanks. In E3S Web of Conferences (Vol. 178, p. 01065). EDP Sciences.
5. Фащиленко В.Н. Регулируемый электропривод насосных и вентиляторных установок горных предприятий: Учеб. пособие. — М.: Издательство «Горная книга», 2011. —260. с.: ил.