

УДК 621.313.33, 621.315

**С.А. Мошев, Д.С. Крыласов, В.А. Трефилов**Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
Пермь, Россия**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ЗАМЕНЕ АСИНХРОННОГО  
ДВИГАТЕЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСНОЙ СТАНЦИИ**

Рассматривается энергосбережение при модернизации асинхронного электропривода насосной станции. Применение двигателей мощностью 55 кВт вместо двигателей мощностью 160 кВт снижает токовую нагрузку трансформатора, повышает коэффициент мощности в узле нагрузки и приводит к экономии электрической энергии.

**Ключевые слова:** асинхронный электропривод; замена двигателя; экономия электроэнергии.

**S.A. Moshev, D.S. Krylasov, V.A. Trefilov**

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

**ENERGY SAVINGS WHEN REPLACING AN INDUCTION  
MOTOR DRIVE PUMP STATION**

This article discusses the energy savings for modernization of the asynchronous electric drive pump station. The use of engines with a capacity of 55 kW instead of engines with a capacity of 160 kW reduces amperage of the transformer improves the power factor at the load and leads to savings in electrical energy.

**Keywords:** asynchronous electric drive; replacement of the engine; the power savings.

На насосной станции I подъема ОАО «Пермская целлюлозно-бумажная компания» для привода центробежных насосов Д400-35 применен асинхронный электропривод на базе двигателей А103-6М. Анализ работы установленного оборудования станции свидетельствует о нерациональном режиме работы электропривода: потребляемый двигателями ток составляет 40 % от номинального значения, а коэффициент мощности асинхронных электродвигателей примерно равен 0,7.

Схема электроснабжения насосной станции приведена на рис. 1.

Оборудование станции:

– трансформатор серии ТМ мощностью 250 кВА, напряжением 6/0,4 кВ,  $\Delta P_x = 0,61$  кВт,  $\Delta P_k = 3,7$  кВт;

- кабельная линия марки АВББШВ 3×150 длиной 100 м;
- асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором А103-6М с параметрами: номинальная мощность  $P_n = 160$  кВт; номинальное напряжение  $U_{1n} = 380$  В; номинальный ток:  $I_{1n} = 287$  А; номинальная частота вращения  $n_n = 990$  об/мин; коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1n} = 0,89$ ; коэффициент полезного действия:  $\eta_n = 0,951$ ;
- центробежные насосы Д400-35 с параметрами: производительность  $Q = 400$  м<sup>3</sup>/ч; напор  $H = 35$  м; коэффициент полезного действия  $\eta = 0,83$ .

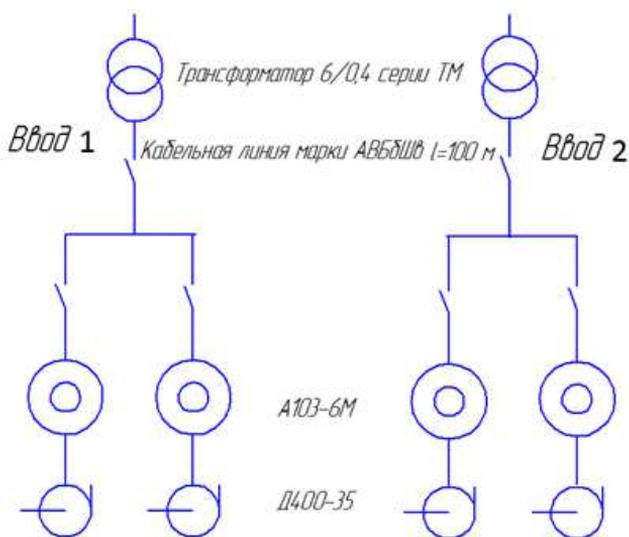


Рис. 1. Схема электроснабжения насосной станции

По информации ПЦБК каждый из четырех установленных двигателей А103-6М работает с током, равным 40 % от номинального тока двигателя, т.е. потребляемый ток двигателя  $I_1 = 0,4 I_{1n} = 0,4 \cdot 287 = 115$  А.

Для определения полезной мощности на валу двигателя был проведен его электромагнитный расчет [1]. На рис. 2 представлены некоторые из полученных рабочих характеристик двигателя А103-6М.

Из рабочих характеристик видно, что при токе 115 А полезная мощность на валу двигателя  $P_2$  составляет 46 кВт. Коэффициент мощности  $\cos \varphi_1$  двигателя равен 0,68. Рекомендуемый на практике коэффициент мощности асинхронных двигателей должен составлять величину не менее 0,8. Отсюда следует, что установленная активная мощность двигателя в существующем электроприводе значительно

превышает реальную мощность на валу, двигатель работает с низким коэффициентом мощности, и, следовательно, его работа сопровождается большим потреблением реактивной мощности.

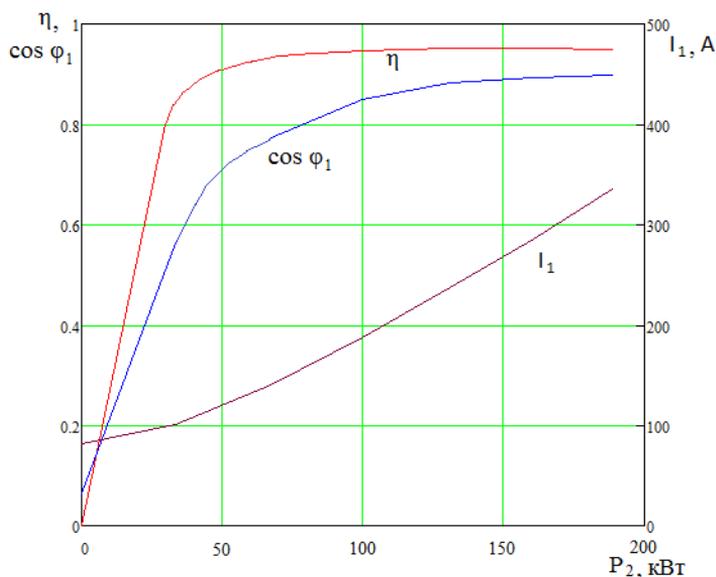


Рис. 2. Рабочие характеристики двигателя А103-6М мощностью 160 кВт

В [2] необходимая мощность  $P_2$  (кВт) электродвигателя определяется по характеристикам центробежного насоса:

$$P_2 = \rho \cdot Q \cdot H / 367 \cdot \eta,$$

где  $\rho$  – плотность воды, кг/дм<sup>3</sup>;  $Q$  – производительность, м<sup>3</sup>/ч;  $H$  – напор, м;  $\eta$  – коэффициент полезного действия насоса.

Подставив данные центробежного насоса Д400-35, получим:

$$P_2 = 1 \cdot 400 \cdot 35 / 367 \cdot 0,83 = 45,96 \text{ кВт.}$$

С учетом коэффициента запаса  $k_3 = 1,1$  номинальная мощность двигателя должна быть не менее:  $P_n = P_2 \cdot k_3 = 45,96 \cdot 1,1 = 50,56$  кВт.

Из каталога выбираем асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором 5АМ250М6 номинальной мощностью  $P_n = 55$  кВт.

Для определения режимных параметров выбранного двигателя был проведен электромагнитный расчет, представленный на рис. 3 в виде рабочих характеристик. Режим работы выбранного двигателя при нагрузке  $P_2 = 46$  кВт характеризуется следующими величинами:  $I_1 = 87$  А,  $\cos \varphi_1 = 0,89$ ,  $\eta = 0,88$ .

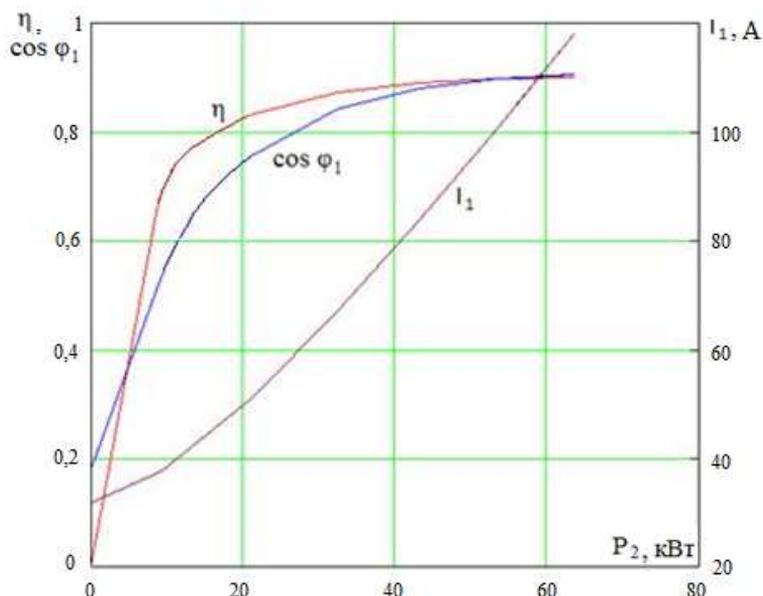


Рис. 3. Рабочие характеристики двигателя 5AM250M6 мощностью 55 кВт

В [3] указано, что если коэффициент загрузки двигателя  $k_3$  менее 0,45, то его замена на двигатель меньшей мощности всегда экономически целесообразна. В прежней схеме электропривода коэффициент загрузки установленных двигателей составляет:

$$k_3 = P_2 / P_n = 45,96 / 160 = 0,287.$$

Следовательно, целесообразность замены установленных двигателей подкреплять экономическими расчетами не требуется.

Тем не менее проведем анализ потребления активной и реактивной мощностей асинхронным двигателем и потерь мощностей в кабельной линии и трансформаторе до и после замены рабочего двигателя насоса.

Активная и реактивная мощности двигателя:

$$P_1 = 3U_{1н} \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1, \quad Q_1 = 3U_{1н} \cdot I_1 \cdot \sin \varphi_1,$$

Потери активной мощности в кабельной линии:

$$\Delta P_{л} = 3I_1^2 \cdot R_1 \cdot l \cdot 10^{-3},$$

где  $R_1$  – погонное активное сопротивление кабеля;  $l$  – длина кабеля, км.

Потери активной мощности в трансформаторе [3]:

$$\Delta P_{т} = \Delta P_x + \Delta P_k K_3^2,$$

где  $\Delta P_x$  – активные потери холостого хода,  $\Delta P_k$  – активные потери короткого замыкания при номинальной нагрузке,  $K_3$  – коэффициент загрузки трансформатора.

Потребляемые двигателем активная и реактивная мощности и потери активной мощности в кабельной линии и трансформаторе при питании от трансформатора только одного двигателя приведены ниже.

	$P_1$ , кВт	$\Delta P_{л}$ , кВт	$\Delta P_{т}$ , кВт	$\Sigma P$ , кВт	$Q_1$ , кВАр
До замены	51,612	1,428	0,985	54,025	55,634
После замены	51,103	0,817	0,824	52,744	25,839

Из приведенных данных следует, что после замены двигателей суммарное потребление активной мощности и потерь мощности уменьшится на 1,281 кВт. Суммарное снижение потребления активной мощности всеми двигателями составит 5,124 кВт.

Экономия активной электроэнергии с учетом непрерывности работы всех двигателей насосной станции ( $T_{\text{раб}} = 8200$  ч)

$$\Delta \mathcal{E}_a = 5,124 \cdot 8200 = 42016 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Следует отметить, что при замене двигателей более чем в два раза, а именно на 54 % снижается потребление ими из сети реактивной мощности. За счет этого к трансформатору для более полного использования его установленной мощности можно подключить дополнительную нагрузку.

### Библиографический список

1. Электротехнический справочник: в 4 т. Т.3: Производство, передача и распределение электрической энергии / под общ. ред. проф. МЭИ В.Г. Герасимова [и др.]. – М.: Изд-во МЭИ, 2002. – 964 с.
2. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции: учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1986. – 320 с.
3. Проектирование электрических машин: учебник для вузов / И.П. Копылов, Б.К. Клоков, В.П. Морозкин, Б.Ф. Токарев; под ред. И.П. Копылова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2005. – 767 с.

### References

1. Gerasimov V.G. [et al.]. Proizvodstvo, peredacha i raspredelenie elektricheskoi energii [Production, transmission and distribution of electrical energy]. *Elektrotekhnicheskii spravochnik. Izdatel'stvo Moskovskogo ekonomicheskogo instituta*, 2002, vol. 3, 964 P.

2. Karelin V.Ia., Minaev A.V. Nasosy i nasosnye stantsii: uchebnik dlia vuzov [Pumps and pumping stations: the textbook for higher education institutions]. Moscow: Stroizdat, 1986. 320 p.

3. Kopylov I.P., Klokov B.K., Morozkin V.P., Tokarev B.F. Proektirovanie elektricheskikh mashin uchebnik dlia vuzov [Design of electrical machines: the textbook for higher education institutions]. Moscow: Vysshaia shkola, 2005. 767 p.

### **Сведения об авторах**

**Мошев Сергей Александрович** (Пермь, Россия) – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29).

**Крыласов Дмитрий Сергеевич** (Пермь, Россия) – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29).

**Трефилов Владимир Алексеевич** (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники и электромеханики Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: trefilov@pstu.ru).

### **About the authors**

**Moshev Sergei Aleksandrovich** (Perm, Russian Federation) – is a student Perm National Research Polytechnic University (614990, 29, Komsomolsky pr., Perm).

**Krylasov Dmitry Sergeevich** (Perm, Russian Federation) – is a student Perm National Research Polytechnic University (614990, 29, Komsomolsky pr., Perm).

**Trefilov Vladimir Alekseevich** (Perm, Russian Federation) – is Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Electrical Engineering and Electromechanics Perm National Research Polytechnic University (614990, 29, Komsomolsky pr., Perm, e-mail: trefilov@pstu.ru).

Получено 12.12.2014