

# **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ**

**А. В. Кучерявенко**

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

Научный руководитель Ю. Н. Колесник

В настоящее время большинство предприятий, работающих на территории Республики Беларусь, эксплуатируются еще со времен СССР. Ввиду этого оборудование к данному моменту либо устарело, либо имеет малый остаточный ресурс, так как эксплуатируется уже более 20 лет. Кроме того, следует учитывать и то, что оборудование в большинстве своем недогружено. Следовательно, модернизация этих агрегатов может дать некоторый энергосберегающий эффект. В то же время известно, что мероприятия по модернизации технологического оборудования являются наиболее затратными и требуют существенных инвестиций. Поэтому поиск вариантов модернизации, обеспечивающих наилучшую энергетическую и экономическую эффективность, является актуальной задачей.

Основной целью данной работы является комплексная оценка эффективности различных вариантов модернизации высоковольтных технологических агрегатов. При этом решаются следующие задачи:

- Анализ технического состояния, энергетических характеристик и режимов работы высоковольтных электроприемников.

- Разработка различных вариантов энергосберегающих мероприятий по модернизации высоковольтных электроприемников.
- Энергетическая оценка эффективности предлагаемых энергосберегающих мероприятий.
- Экономическое обоснование эффективности предложенных энергосберегающих мероприятий и выбор наилучшего из них.
- Разработка программно-вычислительного комплекса для оценки эффективности энергосберегающих мероприятий.

Решение поставленных задач рассмотрим на примере модернизации высоковольтного мельничного вентилятора, установленного в цехе сложно-смешанных минеральных удобрений на ОАО «Гомельский химический завод».

Параметры электродвигателя следующие:

- 1) номинальная мощность, кВт – 400;
- 2) номинальное напряжение, В – 6000;
- 3) частота тока, Гц – 50;
- 4) номинальная частота вращения, об/мин – 1484;
- 5) ток статора, А – 47;
- 6) коэффициент полезного действия, % – 94,2;
- 7) коэффициент мощности ( $\cos\varphi$ ) – 0,87;
- 8) дата выпуска 20.03.1989 г.

На диаграмме (рис. 1) представлен график нагрузки на двигатель, которая меняется в зависимости от требований к технологическому процессу.

Производительность регулируется при помощи шиберной заслонки. В свою очередь, высоковольтные частотно-регулируемые электроприводы на ОАО «Гомельский химический завод» не используются в связи с их высокой стоимостью.



Рис. 1. Упорядоченный график нагрузки на двигатель вентилятора

В качестве путей решения проблемы предложено четыре варианта модернизации:

- 1) установить к существующему электродвигателю высоковольтный частотный преобразователь напряжением 6 кВ;
- 2) заменить агрегат на современный и установить высоковольтный частотный преобразователь;
- 3) заменить высоковольтный вентиляторный агрегат агрегатом напряжением 0,4 кВ и установить частотный преобразователь напряжением 0,4 кВ;
- 4) заменить агрегат на агрегат напряжением 0,4 кВ и установить частотный преобразователь на 0,4 кВ, при этом в трансформаторной подстанции цеха предлагается замена трансформаторов на энергоэффективные типа ТМГ12-1000.

Известно, что регулируемые электроприводы обладают рядом преимуществ, основные из них:

- 1) снижение расхода электроэнергии на 35–50 %;
- 2) получение плавного пуска электродвигателя;
- 3) снижение излишнего напора при малой производительности;
- 4) изменение схемы водоснабжения или воздуходоснабжения, исключив клапаны и задвижки;
- 5) увеличение в 5–10 раз сроков межремонтного обслуживания.

В данной работе оценка энергоэффективности частотно-регулируемого электропривода проводилась при помощи разработанной компьютерной программы. Для работы с ней необходимо ввести данные агрегата (рис. 2), для которого будет выбираться частотный преобразователь.

Посуточная загрузка двигателя, %	
с 0 до 3 часов	54
с 3 до 6 часов	54
с 6 до 9 часов	54
с 9 до 12 часов	70
с 12 до 15 часов	70
с 15 до 18 часов	70
с 18 до 21 часов	86
с 21 до 0 часов	86

Рис. 2. Окно ввода исходных данных

Далее с учетом полученных результатов выполняется расчет следующих показателей экономической эффективности мероприятий.

Чистый дисконтированный доход:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T \frac{(\Pi_t - O_t)}{d_t},$$

где  $T$  – инвестиционный период, срок жизни проекта – период, в течение которого инвестиции генерируют приток денежных средств;  $t$  – годы реализации проекта;  $O_t$  – отток реальных денег, т. е. затраты, осуществляемые в году  $t$ ;  $\Pi_t$  – приток реальных денег, т. е. доходы, получаемые от эксплуатации инвестиционного проекта в году  $t$ ;  $d_t$  – дисконтированный множитель.

Простой срок окупаемости:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Pi},$$

где  $\Pi$  – прибыль, получаемая в результате капитальных вложений;  $K$  – величина капитальных вложений.

Динамический срок окупаемости:

$$T_{\text{ок}}^{\text{дин}} = t - \frac{\text{ЧДД}_t}{\text{ЧДД}_{t+1} - \text{ЧДД}_t}.$$

Окончательные результаты расчетов сводятся в таблицу.

### Результаты расчетов эффекта мероприятий

Вариант модернизации	Экономия электроэнергии		Затраты, у. е.	Период окупаемости, лет	Динамический период окупаемости, лет	ЧДД (за 10 лет), у. е.
	кВт · ч	у. е.				
1	245540	26968	186234	6,9	–	–82157
2	249803	27436	209292	7,6	–	–103407
3	201051	22103	63554	2,8	5,6	21746
4	231378	25396	97874	3,8	14,8	135

Как видно из таблицы, вариант № 2 наиболее затратный по сравнению с остальными. Он также имеет самый долгий срок окупаемости и малый ЧДД, но при этом характеризуется наибольшей экономией электроэнергии.

Вариант № 3 имеет малый срок окупаемости, но со стороны экономии электроэнергии обладает самым низким показателем, при этом обеспечивает наибольший ЧДД при наименьших затратах.

В условиях необходимости наращивания экономии электроэнергии вариант № 4 с дополнительной заменой трансформаторов на ТМГ12 более эффективен и позволяет сэкономить 15 % электроэнергии ежегодно. Данный вариант имеет средние показатели экономии электроэнергии, затрат, срока окупаемости и ЧДД по сравнению с остальными вариантами.

С учетом того, что в настоящее время на многих предприятиях используется большое количество технологических агрегатов, которые требуют модернизации, предлагаемая программно-вычислительная система для комплексной оценки эффективности различных вариантов модернизации позволит существенно сократить трудоемкость и повысить эффективность решения подобного рода задач.