

УДК 621.313.3.045.001.2

ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В НАСОСНЫХ УСТАНОВКАХ

Д.А.Рисмухамедов, доцент, Алмалыкскийфилиал Ташкентского государственного
технического университета, Алмалык, Узбекистан

SAVING ELECTRICITY IN PUMPING UNITS

D.A. Rismukxamedov, the professor,Almalyk branch of Tashkent State Technical
University, Almalyk, Uzbekistan

В статье обоснована необходимость применения энергосберегающих технологий на насосных станциях и показаны пути экономии электрической энергии посредством применения многоскоростных двигателей с полюсопереключаемыми обмотками.

The article substantiates the need to use energy-saving technologies at pumping stations and shows ways to save electrical energy through the use of multi-speed motors with pole-switchable windings.

В настоящее время в электроэнергетике особое внимание уделяется повышению надежности систем электроснабжения, а также разработке и внедрению энергосберегающих технологий и способов снижения потерь электроэнергии.

Например, для обеспечения экономичного использования насосных агрегатов рекомендуется держать в работе большую часть времени те из них, которые имеют более высокий к.п.д. Так при увеличении времени использования насоса с высоким к.п.д. и низким удельным расходом электроэнергии ($28 \div 43,5$ кВт·ч/1000 м³) с 4500 до 6240 ч/год и уменьшение времени использования насоса с низким к.п.д. и высоким удельным расходом

электроэнергии ($35 \div 52$ кВт·ч/1000 м³) с 4500 до 2700 ч/год позволило сократить годовое энергопотребление насосной установки на 264000 кВт·ч без всяких дополнительных затрат, только за счет организации более экономичного режима работы насосной установки [1].

По суточному графику (рисунок 1) водопотребления животноводческого комплекса видно, что явно выражены дневные максимумы и ночные минимумы [2]. Кроме того, есть сезонные и технологические изменения водопотребления. При стабильном водопотреблении установки работают с постоянными подачей и давлением или напором. С ростом или уменьшением водопотребления подачу и давление приходится изменять, т.е. регулировать.

При регулировании производительности насосной станции в целом число включений–отключений насосных агрегатов достигает 40–50 в сутки. Такое число включений для агрегатов большой мощности недопустимо (например, число включений крупных насосных агрегатов мощностью 2500–5000 кВт ограничивается до 50–70 в год), кроме того, отключение или включение нескольких установок с тяжелым пуском существенно влияет на качество электроэнергии в сети. В насосных установках с агрегатами мощностью свыше 150 кВт вместо их включений-отключений применяется дросселирование потока воды задвижкой (затвором). Прикрывая или открывая затвор, изменяют

крутизну характеристики $Q-H$ трубопровода, которая зависит от его гидравлического сопротивления [1].

Этот способ регулирования считается малоэкономичным, так как на преодоление дополнительного гидравлического сопротивления в затворе требуются дополнительные затраты энергии.

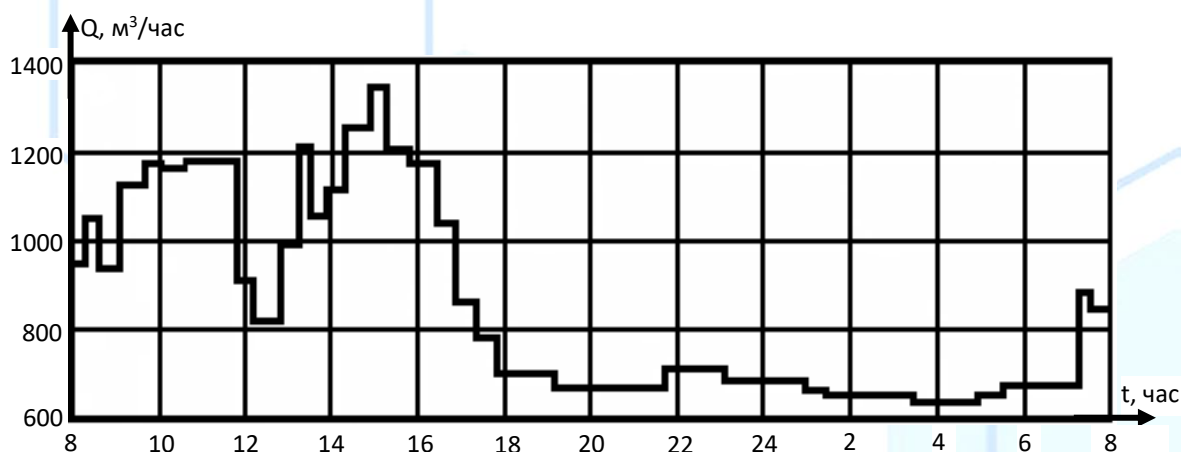


Рисунок 1 - Суточный график водопотребления животноводческого комплекса.

Вышеперечисленные способы регулирования направлены на решение технологических задач и практически не учитывают энергетических аспектов транспорта воды или газа. Более высокую эффективность обеспечивают способы регулирования, основанные на изменении частоты вращения рабочих колес центробежных насосов.

При изменении частоты вращения рабочего колеса насоса изменяется положение характеристики $Q-H$ насоса. Изменение частоты вращения рабочего колеса насоса ведет к изменению всех его рабочих параметров. При этом изменяется положение характеристик насоса. При изменении частоты вращения насоса пересчет характеристик осуществляется с помощью так называемых формул приведения [1]:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (1.1)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \quad (1.2)$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3 \quad (1.3)$$

$$\frac{M_1}{M_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \quad (1.4)$$

Необходимо также отметить, что регулирование частоты вращения требует применения дополнительных устройств, что увеличивает капитальные затраты. В то же время регулирование частоты вращения позволяет увеличить единичную мощность насосных агрегатов и уменьшить их общее число на станции и, следовательно, снизить капитальные затраты.

В мировой практике широко используются электроприводы, основанные на асинхронно-вентильном каскаде и тиристорном преобразователе частоты, а также с двухскоростными асинхронными двигателями.

Регулирование с помощью двухскоростных асинхронных двигателей является наиболее простым и относительно дешевым способом.

Кроме того, прямой пуск двигателей при слабых сетях вызывает снижение напряжения более, чем на 30%. При этом, во-первых, снижается момент, развиваемый электроприводом, во-вторых, электронные и микропроцессорные устройства, фиксируя снижение напряжения, отключают электропривод от сети. Применение электропривода с двухскоростным асинхронным двигателем облегчит процесс пуска мощных двигателей путем ступенчатого пуска.

Двухскоростные двигатели можно выполнять в однообмоточном и двухобмоточном исполнениях.

Сравнение двухскоростных двигателей одинаковой мощности в однообмоточном и двухобмоточном исполнениях, показывает, что двухобмоточные двигатели требуют больших затрат, чем однообмоточные – по электротехнической стали на 30–40% и по обмоточной меди на 40–50% с

соответствующим повышением трудоемкости. Кроме того, понижаются к.п.д. и $\cos \varphi$ двигателя в среднем на 10–15%.

В этом можно убедиться, если рассмотреть, как изменяется мощность двухскоростных двигателей при однообмоточном и двухобмоточном исполнениях [3]:

как известно, мощность на валу

$$P = mU_{\phi}I_{\phi}\eta \cos \varphi \quad (1.5)$$

принимая

$$U_{\phi} = E \quad \text{и} \quad I_{\phi} = \Delta Q, \quad (1.6)$$

получим:

$$P = mEQ\Delta\eta \cos \varphi, \quad (1.7)$$

но

$$E \equiv \Phi w_{\phi}k_{обм} \equiv \frac{B_{\delta}Dl_{\delta}}{2p}w_{\phi}k_{обм}, \quad (1.8)$$

где Q – сечение провода фазы; Δ – плотность тока; B_{δ} – амплитуда индукции в воздушном зазоре; w_{ϕ} – число витков фазы; $k_{обм}$ – обмоточный коэффициент; F – площадь паза статора; D – внутренний диаметр статора; l_{δ} – длина пакета статора; p – число пар полюсов; m – число фаз.

Следовательно,

$$P \equiv \frac{B_{\delta}Dl_{\delta}}{2p}w_{\phi}k_{обм}mQ\Delta\eta \cos \varphi, \quad (1.9)$$

откуда

$$P \equiv \frac{B_{\delta}\Delta Dl_{\delta}}{2p}k_{обм}mF\eta \cos \varphi. \quad (1.10)$$

Как видно из (1.10), мощность на валу двухскоростного двигателя прямо пропорциональна площади сечения паза статора и обратно пропорциональна числу полюсов.

При двухобмоточном исполнении площадь паза статора делится между двумя обмотками, из которых каждая занимает лишь часть площади паза и в каждый момент времени полезно используется лишь одна. Отсюда видно, что при двухобмоточном исполнении мощность на валу двухскоростных двигателей будет существенно меньше, чем при однообмоточном исполнении в тех же габаритах.

Если учесть, что двухскоростные двигатели имеют широкое распространение в странах СНГ на электроприводах турбомеханизмов и принять во внимание острый дефицит обмоточной меди и изоляционных материалов в условиях рыночных отношений, то становится очевидной актуальность проблемы дальнейшего улучшения электропривода с двухскоростным двигателем путем использования одной полюсопереключаемой обмоткой взамен двух отдельных.

Полюсопереключаемые обмотки без дополнительных коммутирующих аппаратов, имеющая две группы выводов для каждой полюсности, в случае применения [3]:

- в двухскоростных двигателях позволяет увеличить полезную мощность данного габарита, экономить обмоточную медь и изоляционные материалы, более эффективно использовать активную часть машины, повысить энергетические показатели;

- в односкоростных двигателях (замена обмотки на полюсопереключаемую обмотку и переделка на многоскоростной) позволяет получить две (или несколько) фиксированных скоростей, т.е. регулируемый электропривод, что приводит к повышению к.п.д. установки (вентилятора, насоса, компрессора и т.п.) и к экономии электроэнергии в недогруженных режимах установки (сезонные или технологические изменения нагрузки).

Поэтому является целесообразной разработка полюсопереключаемых асинхронных двигателей с минимальным числом выводов и переключающих контактов, и имеющих упрощенную технологию изготовления и ремонта.

Такие двигатели должны иметь минимальные отличия по массогабаритным и энергетическим показателям от обычных односкоростных серийных двигателей, и могут быть использованы как взамен двухскоростных двигателей с двумя отдельными обмотками, так и взамен нормальных односкоростных двигателей в тех многочисленных применениях, когда небольшая подрегулировка скорости может привести к значительному энергосберегающему эффекту.

Из вышесказанного следует, что для удовлетворения потребностей насосных станций в двухскоростных двигателях целесообразно разработка полюсопереключаемых обмоток для наиболее рациональных соотношений чисел пар полюсов $2/3$, $3/4$, $4/5$, $5/6$.

Таким образом, применение двухскоростных двигателей в качестве электропривода турбомеханизмов без дополнительных элементов, таких как преобразователи того или иного вида, позволяет создать новую технологию энергосбережения, в которой экономится не только электроэнергия, но и сберегается тепловая энергия и сокращается расход воды за счёт утечек её при превышениях давления в магистрали, когда расход мал, а также облегчается запуск установок с тяжелым пуском.

Литература

1. Лезнов Б.С. Экономия электроэнергии в насосных установках.— М.: Энергоатомиздат, 1991.— 144 с.
2. Пчелкин Ю.Н., Сорокин А.И. Устройства и оборудование для регулирования микроклимата в животноводческих помещениях.— М.: Россельхозиздат, 1997. — 216 с.
3. Рисмухамедов Д.А. Полюсопереключаемые асинхронные двигатели для

турбомеханизмов. Дисс. канд. тех. наук. Ташкент, 2006 г.-153 с.