

УДК 621.313

**Арсентьев Олег Васильевич**,  
к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: arsentuevov@mail.ru

**Гончаренко Алена Анатольевна**,  
обучающаяся группы ЭЭ-23-1,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: nastya.surova.98@bk.ru

**Макушкин Никита Викторович**,  
обучающийся группы ЭЭ-23-1, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет

**Нефедова Регина Алексеевна**,  
обучающаяся группы ЭЭ-23-1, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»

**Слинко Алексей Николаевич**,  
обучающийся группы ЭЭ-23-1, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»

**Смышляев Всеволод Викторович**,  
обучающийся группы ЭЭ-23-1, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»

### КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТНЫХ РАБОТ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

*Arsentiev O.V., Goncharenko A.A., Makushkin N.V., Nefedova R.A., Slinko A.N., Smyshlyaev V.V.*

### COMPLEX MODERNIZATION OF ELECTRIC DRIVE WHEN ORGANIZING REPAIR WORKS OF PIPELINE SYSTEMS

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы организации ремонтных работ на промысловых трубопроводных системах при добыче жидких углеводородов. Определено влияние качества мойки загрязненных деталей на ремонтные операции. Предложены меры по повышению эффективности работы струйных моющих машин. Для расширения функциональных возможностей предлагается ввести в конструкцию регулируемый электропривод вращения моющей корзины. Это позволит оптимизировать частоту вращения применительно к специфике детали и уровню загрязнения

**Ключевые слова:** трубопроводная арматура, струйные моющие машины, ремонт оборудования, регулируемый электропривод, асинхронный двигатель, частотный преобразователь.

**Abstract.** The issues of organizing repair work on field pipeline systems during the production of liquid hydrocarbons are considered. The influence of the quality of washing of contaminated parts on repair operations was determined. Measures have been proposed to improve the efficiency of jet washing machines. To expand the functionality, it is proposed to introduce into the design an adjustable electric drive for rotating the washing basket. This will allow you to optimize the rotation speed in relation to the specifics of the part and the level of contamination

**Keywords:** pipeline fittings, jet washing machines, equipment repair, adjustable electric drive, asynchronous motor, frequency converter.

Трубопроводные системы нашли широкое применение в нефтегазовой промышленности. Одной разновидностью таких систем является промысловый трубопровод – система технологических трубопроводов для транспортирования нефти, газового конденсата, газа, воды на нефтяных, нефтегазовых,

газоконденсатных и газовых месторождениях.

Техническое обслуживание трубопроводов является важной и ответственной работой, от результатов которой зависит надежность и долговечность работы транспортной системы, в том числе, для организа-

ции внутри промышленной перекачки жидких углеводородов. Большой объем работ при обслуживании трубопроводов связан с частичным или полным демонтажем запорной аппаратуры, насосов, контрольного и измерительного оборудования. При этом обязательной технологической операцией является очистка демонтируемых элементов от масляных загрязнений, которые неминуемо образуются в процессе эксплуатации.

Объем очистных работ составляет 5...7% в общей трудоёмкости ремонта какого-либо агрегата или узла. Крупный агрегат (узел), поступающий в ремонт, несет на своих поверхностях до 100 кг загрязнений. Полная очистка от них определяет культуру производства, объективность сортировки и контроля деталей, высокое качество восстановления и нормативную послеремонтную наработку. Хорошо очищенные объекты ремонта легче разбираются и меньше повреждаются. Некачественная очистка деталей снижает послеремонтную наработку агрегатов на 20...30% [1].

Детали после разборки (а также перед сборкой) промывают в струйных, погружных или комбинированных моечных машинах, а также моечных установках специального назначения.

Все детали и узлы разбираются на группы в зависимости от вида удаляемых загрязнений и конструктивных особенностей. Каждая группа проходит свой маршрут мойки и очистки.

Требованиям очистки деталей при ремонте трубопроводной арматуры полнее соответствуют струйные моечные машины, которые на рынке оборудования нашей страны предлагаются следующими производителями: Georg Render (Германия), SME, Magido, Cemastir Lavametalli CEEVER, (Италия), Guyson (Англия), Szakal FEM (Венгрия) и другими.

Компания Magido является мировым лидером в производстве автоматических моечных машин струйного типа и производит целую гамму высококлассных машин для мойки деталей, в том числе с масляными загрязнениями. Моечная установка Magido L190 (производительность 1200 кг) [2] содержит в своей конструкции четыре электродвигателя:

- первый электродвигатель мощностью 7,5 кВт приводит во вращение водяной насос, питающий гидранты подачи моющей

жидкости в процессе мойки;

- второй электродвигатель мощностью 0,55 кВт приводит во вращение лопасти воздушного насоса при осуществлении цикла вытяжки паров в конце мойки деталей;

- третий электродвигатель мощностью 0,55 кВт во вращение водяной насос, который осуществляет слив отработанной моющей жидкости;

- четвертый мотор-редуктор мощностью 0,35 кВт приводит во вращение моечную корзину.

Первые три электродвигателя трёхфазные с питанием переменным номинальным напряжением 400 В и частотой 50 Гц.

Мотор-редуктор привода вращения моечной корзины однофазный с питанием переменным номинальным напряжением 230 В и частотой 50 Гц. Мотор-редуктор для привода вращения корзины небольшой мощности и несет не столь существенные энергозатраты, однако его применение реализовано в рассматриваемой машине как движитель, задающий постоянный темп, а в данном случае частоту вращения корзины.

Таким образом, имея одинаковое давление струи моющего раствора и одинаковую и постоянную частоту вращения корзины, на выходе получаем ожидаемый результат мойки. Однако, загружаемые в корзину машины детали и агрегаты имеют не только разную форму своих поверхностей, но и разную степень загрязнения. Как следствие, для обеспечения максимального качества мойки необходимо разное воздействие моющего раствора на по-разному загрязненные поверхности.

Если давление струи моющего раствора желательно оставить неизменным, то необходимо варьировать частоту вращения корзины с загрязненными деталями и агрегатами.

Модернизацию моечной машины предлагается провести комплексно, с заменой двигателя однофазного на двигатель трехфазный той же мощности и разработке системы управления на базе частотно-регулируемого электропривода. При этом необходимо учитывать габаритные и присоединительные размеры трехфазного двигателя для минимальных изменений в существующей конструкции моечного комплекса. Переход на трехфазное напряжение привода вращения корзины целесообразен, т.к. дает возможность упростить систему электро-

снабжения машины, исключив напряжение 230 В. В свою очередь, применение в системе управления работой электродвигателя преобразователя частоты позволит расширить спектр программ мойки агрегатов и деталей, и, как следствие, повысить качество мойки, увеличить энергоэффективность моечной установки и оптимизировать расход мощных средств.

В соответствии с необходимой мощностью и частотой вращения двигателя для привода вращения корзины выбираем асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором современной серии АИР71А4. Его основные характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные характеристики двигателя

№	величина	Единица измерения	Значение
1	Мощность	кВт	0,55
2	Скольжение	%	9,5
3	КПД	%	70,5
4	Коэффициент мощности	о.е.	0,7
5	Кратность пускового момента	о.е.	2,3
6	Кратность пускового тока	о.е.	5
7	Кратность максимального момента	о.е.	2,4
8	Синхронная частота вращения	об/мин	1500
9	Номинальное напряжение	В	220/380

Исполнение двигателя IM3081 – фланцевое соединение, присоединительные размеры по отверстиям – 165 мм, высота оси вращения – 71 мм, масса 8,9 кг.

Для определения пусковых характеристик двигателя рассчитаем его номинальный ток

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{U_{ном} \cdot \sqrt{3}}, \quad I_{ном} = 0,84 \text{ А.}$$

Соответственно пусковой ток  $I_{п} = 4,18 \text{ А}$ .

Значение пускового тока позволяет проверить правильное сочетание электрических соединений в существующей конструкции моечной машины. Подходящие к двигателю провода имеют сечение  $2,5 \text{ мм}^2$ , и этого достаточно для надежного электроснаб-

жения предлагаемого двигателя. Проверка двигателя по условиям прямого пуска является обязательным требованием при выполнении проектных и монтажных работ.

Для реализации следующей части модернизации привода вращения корзины мощней машины, необходимо выбрать частотный преобразователь, который может и должен реализовать весь комплекс задач по обеспечению пуска-регулируемых характеристик привода. Правильность выбора частотного преобразователя определяется по мощности (следует принимать мощность немного выше, на 1 габарит, чем мощность управляемого двигателя), напряжению, номинальному выходному току.

Предлагается использовать преобразователь частоты NVF5-0.75/TS4-B 0.75кВт, 380В 3Ф, перегрузка 150%, выпускаемых компанией «Чинт Электрик». Универсальные преобразователи частоты серии NVF5 имеют бездатчиковый векторный способ управления двигателем. Устройства отличаются малыми габаритами и весом, легкостью эксплуатации и превосходными рабочими характеристиками. Они широко используются в различных видах оборудования малых и средних размеров, например системах кондиционирования воздуха, системах охлаждения, системах водоснабжения.

Основные характеристики преобразователя частоты:

- мощность 1,5 кВА;
- номинальный потребляемый ток 3,4 А;
- номинальный выходной ток 2,7 А;
- максимально допустимая мощность двигателя 0,75 кВт;
- стандартный встроенный модуль торможения;
- частота регулирования 0–400 Гц;
- векторное управление без внешнего датчика скорости, управление  $U/f$ , управление крутящим моментом.

Предложенная модель частотного преобразователя обеспечивает необходимый режим работы электропривода корзины мощней машины. В зависимости от требуемой точности регулирования частоты вращения применяется скалярный (точность не высокая) или векторный (точность высокая) закон управления.

В результате комплексной модернизации электропривода корзины расширяются функциональные возможности струйной

моющей машины, повышается эффективность при очистке трубопроводной арматуры на нефтегазовых комплексах. Реализуется возможность учесть геометрию и степень загрязнения детали для получения оптималь-

ного режима моющей машины, минимизировать расход моющих средств, повысить производительность и качество ремонтных работ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крутоус, Е.Б. Техника мойки изделий в машиностроении / Е.Б. Крутоус, М.И. Некрич. – М.: Машиностроение, 1987. – 239 с.

2. Мотортехнология – станки, инструменты и технологии для ремонта двигателей

[Электронный ресурс]: Публикация «Cleaning технологии Magido для автосервиса». – Электрон.дан. – Москва, 2019. – Режим доступа: <https://motortehn.com/cleaning-technologie-dlya-avtoservisa/>, свободный. – Загл. с экрана.