

УДК-62-79

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Гуревич И.А., студент гр. ЭРБ-17, III курс
Научный руководитель: Ковальчук М.С., к.т.н., доцент
Санкт-Петербургский Горный университет
г. Санкт-Петербург

Наиболее актуальной задачей на сегодняшний день является обеспечение энергоэффективной и надежной работы оборудования в различных сферах производственной деятельности. Одним из важнейших факторов для обеспечения этих характеристик является организация систем мониторинга и диагностики оборудования в различных условиях. Диагностика крайне важна с точки зрения отсутствия финансовых издержек вследствие появления отказов и неисправностей, способных привести к остановке технологического процесса или же вывести из строя оборудование. Необходимость оценки и проверки качества характеристик оборудования требует разработки и создания методологии по которой будет возможно точное и быстрое определение неисправностей в его работе. В данной работе рассмотрены алгоритмы диагностики на примере центробежного насоса, разработаны блок-схемы, позволяющие алгоритмизировать процесс обнаружения неисправности, разработать программное обеспечение и создать лабораторный комплекс для мониторинга и диагностики неисправностей двигателей.

Неисправности ЭЦН можно разделить на механические и электрические. Первая группа дефектов проявляется в части насоса и электродвигателя. Вторая относится к обмоткам статора, стержням ротора и кабельным соединениям. К механическим повреждениям относятся: развенчивание крепежных болтов, протечка сальников и уплотнений, появление эксцентриситета вала, эрозия рабочего колеса вследствие кавитации, повреждение фланцев, разрушения втулок и крепежных деталей, асимметрия ротора и износ подшипников. К электрическим неисправностям можно отнести различные виды коротких замыканий - двухфазные, трехфазные, однофазные на землю, межвитковые замыкания, обрыв стержней ротора и обрыв питающих проводов.

Для диагностики электроцентробежного насоса применяются различные методы, а использование их в совокупности даст точный и достоверный результат. В первую очередь, целесообразно определить необходимые датчики. Для измерения вибрации ЭЦН применяются вибродатчики, устанавливаемые на корпус оборудования в трех различных плоскостях. Температуру подшипников следует измерять термопарой. Износ подшипника

влечет за собой потери энергии на трение и нагрев. Остальные возможные методы диагностики неисправностей позволяют производить диагностику, снимая только показания токов и напряжений, но требуют больших вычислительных мощностей. Так анализ дефектов на основе вектора Парка тока статора может определить, как механические, так и электрические неисправности. На основе фазных токов статора высчитываются два вектора. При построении графика зависимости амплитуд двух векторов, образуется годограф, по форме которого возможно определить ту или иную неисправность. Расширенный метод вектора Парка тока и напряжения способен дать точный результат диагностики. В первую очередь, происходит формирование векторов тока и напряжения, после чего идет их сопоставление, и если они не равны, то необходимо ток разложить в ряд Фурье на гармонические составляющие. Наличие неисправностей приводит к изменению магнитного потока в воздушном зазоре, что дает выявить характерные гармоники для разных видов неисправностей.

Для алгоритмизации процесса диагностики в электроцентробежном насосе было создано несколько блок схем. Первая схема позволяет определить электрическую неисправность, исходя из показаний напряжений и тока. В первую очередь проверяется запустился ли двигатель. Не запуститься он может при обрыве питающих проводов в соединении звездой, коротком замыкании или превышении нагрузкой пускового момента двигателя. Если двигатель запустился, то необходимо проверить номинальные значения токов и напряжений. Двигатель может запуститься при соединении треугольником и одной оборванной обмоткой статора, но один линейный ток будет больше других линейных токов в 1,73 раза. При работе электродвигателя на пониженном напряжении питающей сети момент на валу будет значительно снижен, из-за чего машина может остановиться. Если напряжение питания сети будет увеличено, то токи статора превысят номинальные значения, вследствие этого, обмотки перегреются и пострадает изоляция обмоток. На рисунке 1 представлена блок схема диагностики асинхронного двигателя.

Используя анализ вектора Парка токов статора, возможно диагностирование повреждений как в электрической части, так и в механической. При исправном двигателе годограф будет принимать форму круга. При наличии дефектов в обмотках статора вектор Парка принимает форму эллипса. К этим случаям относятся короткие замыкания и обрывы питающих проводов. На рисунке 2 приведен пример годографа исправного двигателя и с неисправностью в статоре. При наличии статических, динамических и смешанных эксцентриситетов, дефектов стержней и короткозамкнутых колец ротора, годограф приобретает форму кольца. Данный метод имеет недостаток, поскольку ширина кольца при эксцентриситетах может измениться на неотличимо малую величину. Если присутствуют неисправности в статоре двигателя и роторе, то годограф приобретает вид эллипса с утолщенными контуром. На рисунке 3 представлена блок схема с формированием токов вектора Парка и алгоритмом определения дефектов.

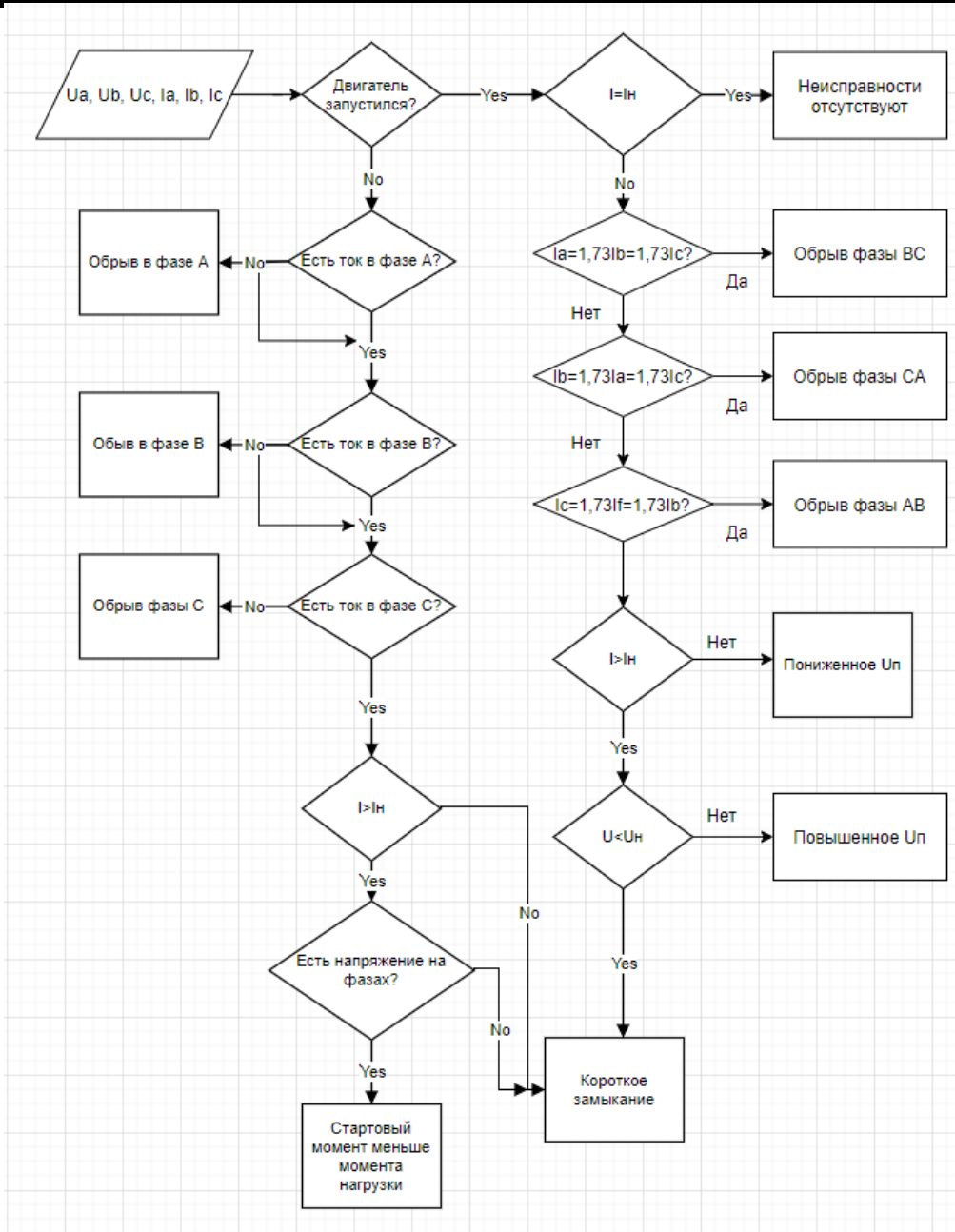


Рис. 1. Блок схема «Электрические неисправности».

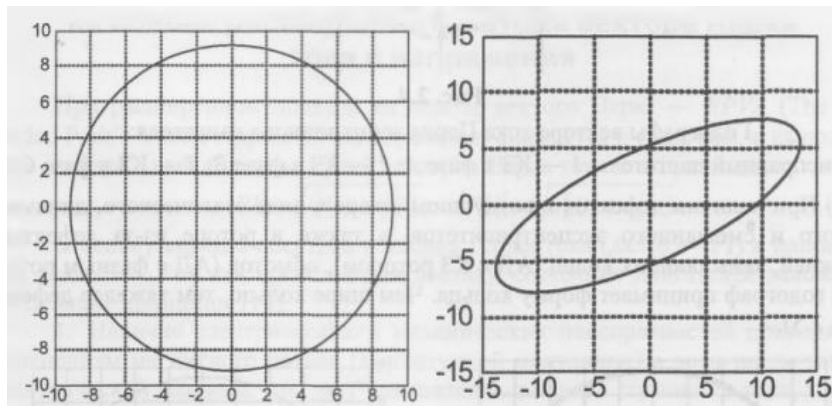


Рис. 2. Слева годограф исправного двигателя, справа годограф с неисправностью в статоре.

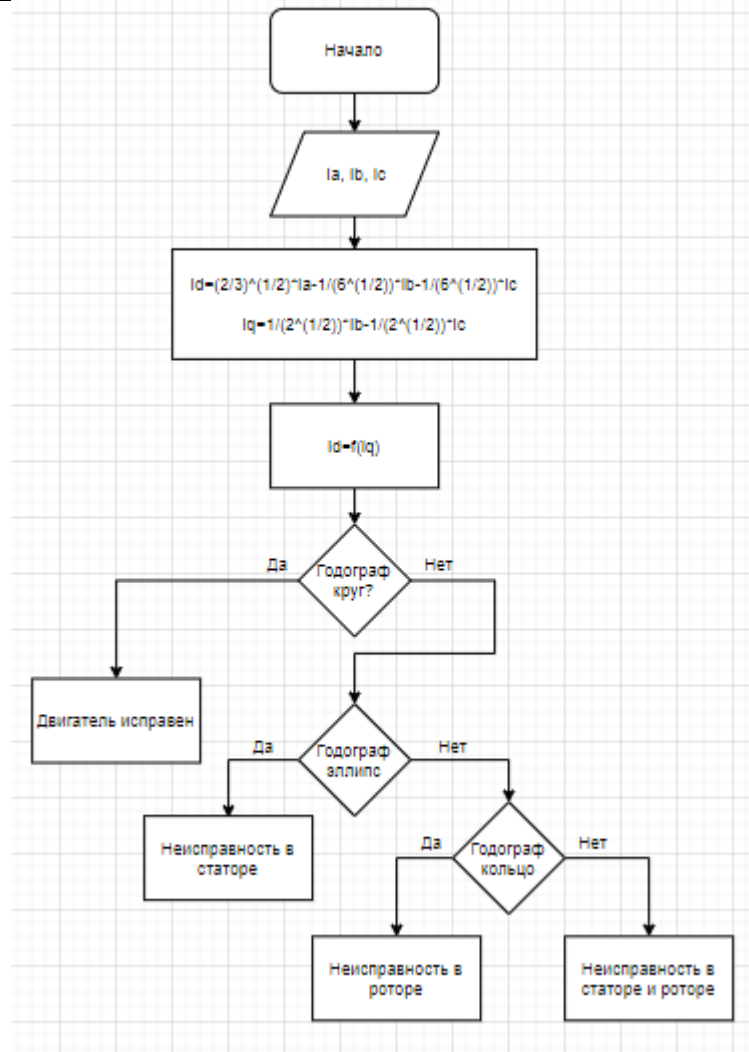


Рис. 3. Блок схема анализа дефектов на основе вектора Парка тока статора.

Расширенный метод вектора Парка тока и напряжения способен расширить количество диагностируемых дефектов и увеличить точность диагностики. Достоинство этого метода в наличии индивидуальных гармоник у соответствующих неисправностей. При наличии гармоники $f=2mf_1$, где f_1 – это питающая частота, можно утверждать о таких дефектах в статоре, как короткое замыкание и обрыв проводов. В случае асимметрии ротора, появляются гармоники на частотах $f=2sf_1$ и $f=4sf_1$. При статическом эксцентриситете, динамическом и смешанном спектр содержит гармоники $f_r=(1-s)f_1$ и $2f_r$. На рисунке 4 представлена блок схема по алгоритму которой определяются дефекты.

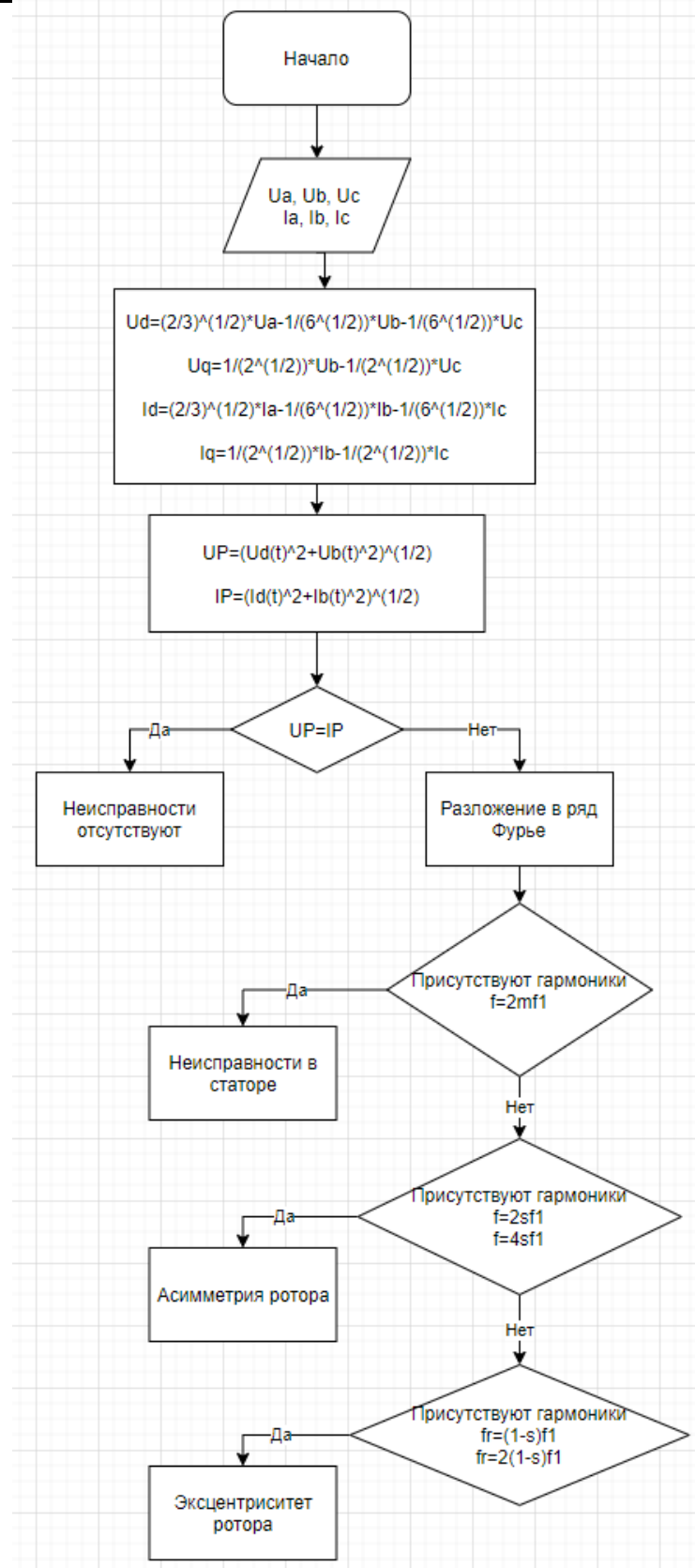


Рис. 4. Блок-схема метода расширенного Вектора Парка тока статора.

На основе представленных методов диагностики будет разработан лабораторный стенд для мониторинга и диагностики. Блок-схемы являются базой для написания программного кода на языке С, совместимом с

внутренним языком пакета Simulink Программы Matlab. Основные части стенда: программа Simulink Matlab, устройство сбора данных National Instruments, электродвигатель с нагрузкой, датчики тока, напряжения, а также вибрации и термопары для измерения температуры подшипников. Подобная система обеспечит возможность в реальном времени наблюдать сигналы, поступающие от двигателя и анализировать их с помощью программы, в том числе моделировать различные неисправности.

Работая в пакете Simulink можно также осуществлять обратную задачу - работу с устройствами сбора данных из MATLAB с помощью дополнительного оборудования типа myDAQ компании National Instruments, тем самым решая актуальную задачу подбора параметров модели объекта по экспериментальным данным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kovalchuk M. S., Poddubniy D. A., Diagnosis of Electric Submersible Centrifugal Pump / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, № 115, 2018. С. 1 - 6.
2. Kovalchuk M. S., Baburin S. V., Modelling and control system of multi motor conveyor / IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, № 327, 2018. С. 1 - 6.
3. Cheremushkina M. S., Poddubniy D. A., Reducing The Risk Of Fires In Conveyor Transport / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, № 50, Т 50, 2017. С. 1 - 6.
4. Cheremushkina M. S., Baburin S. V., Modelling and control algorithms of the cross conveyors line with multiengine variable speed drives / IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, № 177, Т 177, 2017. С. 1 - 7.
5. Kovalchuk M. S., Skamyin A. N., Developing the System of Monitoring and Diagnostics to Increase the Availability of Equipment / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, № 66, Т 66, 2017. С. 2 - 8.
6. Poddubniy D. A., Zagrivniy E.A., Kovalchuk M. S. Noncontact speed sensor for maintaining the autoresonant operating mode of the oscillating electric motor drive . / 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2019 //Санкт-Петербург: ЛЭТИ , Т 1, 2019. С 740 - 743.
7. Kovalchuk M. S., Skam'in A. N. Energy efficiency improving of reactive power compensation devices . / Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus) //Санкт-Петербург: 2018 IEEE Conference of Russian , Т 1, 2018. С. 1 - 4.
8. Kovalchuk M. S., Baburin S. V. Analysis of power supply systems reliability for gas pumping compressor stations. / 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering //Санкт-Петербург: ЛЭТИ , Т 1, 2018. С. 566 - 569.
9. М.С. Ковальчук, С.С. Иванов. Диагностика погружных электроцентробежных насосов. СПб, С. 3-4

-
10. Носов В. В. Диагностика машин и оборудования: Учебное пособие/ СПб, 2012, С. 384
 11. Костюков В.Н., Костюков А.В. Мониторинг технического состояния оборудования в реальном времени // Eurasia Processing, 2004. № 1. С. 2-7.
 12. Белов М.П., Новиков В.А., Рассудов Л.Н. Автоматизированный электропривод производственных механизмов и технологических комплексов/ Москва, 2007, С. 576