

ИЗЫСКАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ,
СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

УДК 621.311.25:621.039

РАСЧЕТ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ЭЛЕКТРОПРИВОДНОЙ
АРМАТУРЫ ПО СИГНАЛАМ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

© 2014 г. П.В. Синельщиков, Р.Г. Бабенко

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл.

В статье показаны этапы расчета крутящего момента электроприводной арматуры по сигналам тока и напряжения. Приведено сравнение с существующим подходом на АЭС.

Ключевые слова: настройка электроприводной арматура, расчет крутящего момента, непрерывное вейвлет-преобразование.

Поступила в редакцию 16.11.2014 г.

Поддержание проектного уровня эксплуатационной надежности технологического оборудования атомной электростанции (АЭС), максимальное использование его рабочего ресурса и сведение к минимуму аварийных отказов связаны с необходимостью поддержания работоспособного состояния электроприводной арматуры (ЭПА).

Согласно статистике отказов ЭПА Ростовской АЭС, Нововоронежской АЭС и Балаковской АЭС больше половины всех неисправностей связаны с неправильной настройкой концевых выключателей, для калибровки которых необходимо проводить измерение крутящего момента электропривода.

Неправильная настройка моментных (концевых) выключателей приводит к избыточному или недостаточному давлению на запорный орган электроприводной арматуры, что в свою очередь может привести к обрыву штока или пропуску среды.

Существующие подходы для регистрации крутящего момента предполагают установку на электропривод дополнительного измерительного устройства, что требует проведения сложных операций по разборке и сборке самого механизма. На рисунке 1 показаны устройства для проведения измерения крутящего момента электропривода ЭПА.



а)



б)

Рис. 1. – Устройство измерения крутящего момента: а) «Медведь-07»; б) «Медведь-10»

Другим подходом является получение крутящего момента расчетным путем. В ГОСТе 7217-87 изложен «метод отдельных потерь», согласно которому, крутящий

момент в Н·м вычисляют по формуле:

$$M = 9550 \frac{P_2}{n} \quad (1)$$

где P_2 – мощность, отдаваемая валом двигателя, кВт;

n – частота вращения вала, мин⁻¹.

Отдаваемую мощность P_2 определяют как разность между подводимой активной мощностью P_1 и суммой всех потерь $\sum P$: $P_2 = P_1 - \sum P$.

Сумма потерь мощности определяется:

$$\sum P = P_{M1} + P_{CT} + P_{MECH} + P_{M2} + P_{ДОБ}$$

где P_{M1} – потери в обмотке статора, кВт;

P_{CT} , P_{MECH} – потери в стали и механические, кВт, определенные из опыта холостого хода;

P_{M2} – потери в контурах ротора, кВт;

$P_{ДОБ}$ – добавочные потери, кВт.

Таким образом, для расчета крутящего момента необходимо получить аддитивную смесь всех потерь при работе электропривода, а так же получить мгновенную скорость вращения вала электропривода.

В работе [1] был предложен метод, основанный на использовании непрерывного вейвлет-преобразования, который позволяет анализировать изменения частотных составляющих сигнала во времени. После выбора для каждого электропривода границ частотных диапазонов, и проведя фильтрацию путем обнуления коэффициентов в вейвлет-спектре, получим мощность, отдаваемую валом двигателя (P_2).

Для получения мгновенной скорости вращения, воспользуемся алгоритмом построения огибающей токового сигнала электроприводной арматуры [2]. Для частотных полос 1 или 2 (рисунок 2), найдем время контакта между зубьями червячного колеса и червяка или зубьями шестерен. Полученный результат представлен на рисунке 3. Зная количество зубьев передачи, можно рассчитать мгновенную скорость вращения n .

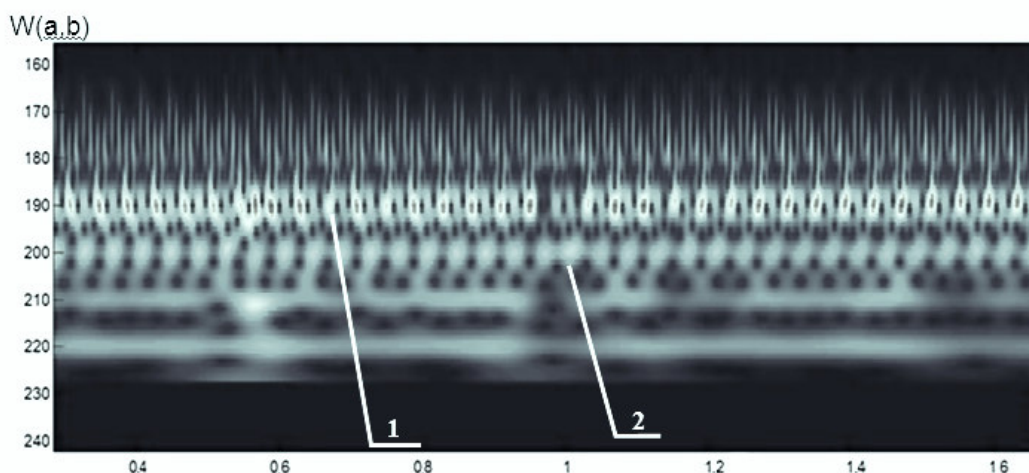


Рис. 2. – Вейвлет-спектр токового сигнала без сетевой составляющей
1 – контакт зубьев червячного колеса; 2 – контакт зубьев шестерни зубчатого колеса

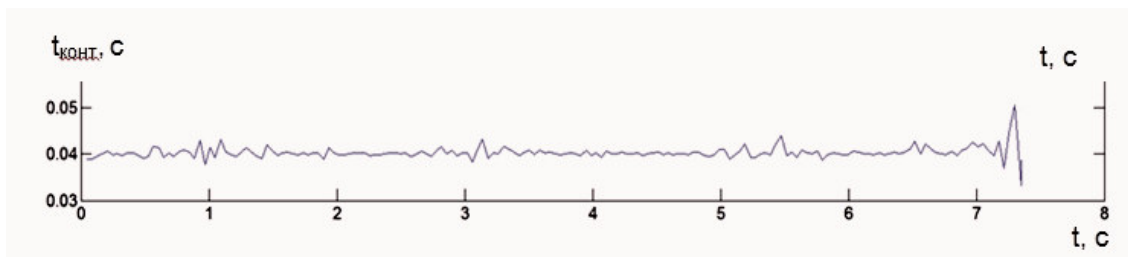


Рис. 3. – Время между контактами зубьев червячного колеса и червяка

Для оценки точности крутящего момента, полученного расчетным путем, была выполнена регистрация сигналов тока, напряжения и крутящего момента электропривода ПВ-02У2. Запись велась с использованием «Медведь-10». Полученный сигнал крутящего момента, при выполнении операции «закрытие», показан на рисунке 4.

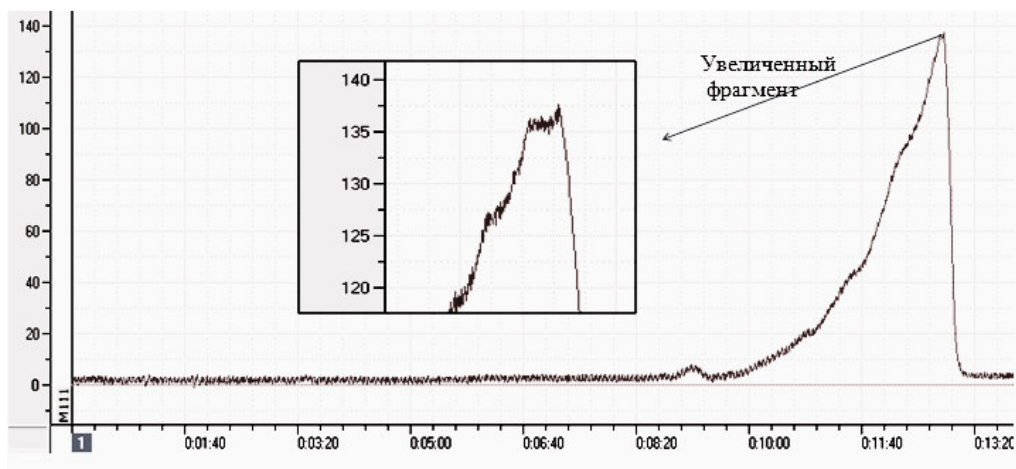


Рис. 4. – Крутящий момент, регистрация выполнена на измерительном стенде «Медведь-10» (Экранная форма программы PowerGraph, по осям: абсцисс – t , с, ординат – M , Н·м)

Подставляя в формулу (1) полученные значения P_2 и n получим крутящий момент электропривода ЭПА в процессе выполнения технологической операции «закрытие» (рисунок 5).

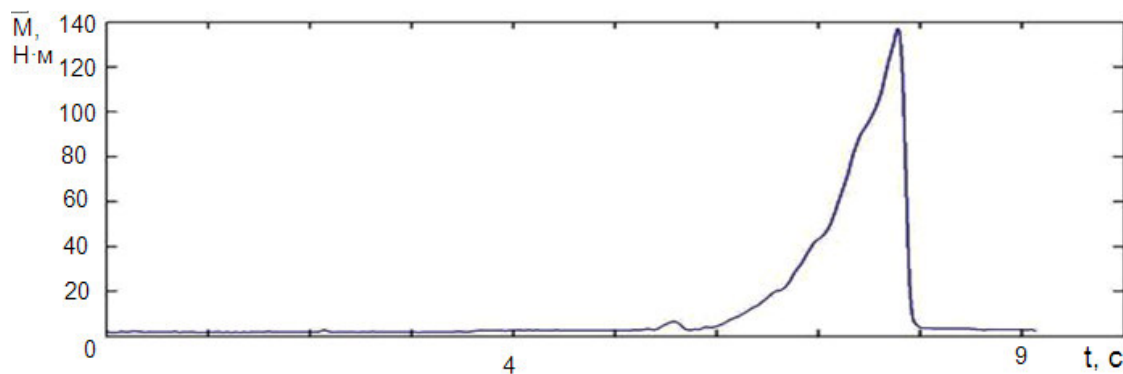


Рис. 5. – График изменения крутящего момента, полученный расчетным путем

Разница между максимальными значениями крутящего момента, полученными на стенде (137,63) и расчетным путем (137,07), незначительна. Следует отметить, что сигнал, показанный на рисунке 4, имеет дополнительную шумовую компоненту, что хорошо видно на увеличенном фрагменте.

Проведенные исследования показали, что за счет разложения токового сигнала по вейвлет-базису, возможно получить изменение мгновенной скорости выходного вала электропривода, а путем выбора определенных фильтров для частотных составляющих в вейвлет-спектре, возможно учесть электромеханические потери.

Использование предлагаемого подхода позволит существенно снизить затраты, так как при настройке не нужно снимать привод и проводить его настройку на стенде. Упростится процедура контроля крутящего момента для ЭПА, находящихся в труднодоступных местах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Синельщиков, П.В. Анализ изменения частотных составляющих токового сигнала электроприводной арматуры методом непрерывного вейвлет преобразования. Теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики [Текст] / П.В. Синельщиков: Материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 29 сент. 2008 г. / Юж.-Рос. Гос. Техн. Ун-т (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2008. – 67 с.
2. Синельщиков, П.В. и др. Алгоритм построения огибающей токового сигнала электроприводной арматуры / П.В. Синельщиков, А.В. Чернов, В.Н. Никифоров// Теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики [Текст]: Материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 28 сент. 2007 г. / Юж.-Рос. гос. техн. Ун-т (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2007. – С. 83–88.

The Calculation of the Motorized Fittings Torque by Current and Voltage Signals

P.V. Sinelshchikov, R.G. Babenko

*Volgodonsk Engineering Technical Institute
the Branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
73/94 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360
e-mail: nii_energomash@mail.ru*

Abstract – The steps of calculating of motorized fittings torque by the current and voltage signals are shown in the article. The comparison with the existing approach used in nuclear power plants is given.

Keywords: motorized fittings setting, torque calculation, the continuous wavelet transformation.