

Ярославкина Е.Е.
Yaroslavkina E.E.
кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Информационно-измерительная техника», ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара, Российская Федерация



Мельникова Д.А.
Melnikova D.A.
кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами», ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара, Российская Федерация



Муратова В.В.
Muratova V.V.
старший преподаватель кафедры «Информационно-измерительная техника», ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара, Российская Федерация

УДК 627.311 DOI: 10.17122/1999-5458-2019-15-1-106-111

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПОГРУЖНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Среди многочисленных проблем развития Единой электроэнергетической системы (ЕЭС) России одной из главных задач является обеспечение и поддержание надежности её работы. Под надёжностью в данном случае понимается выполнение в полном объёме функций предупреждения и устранения аварий и нештатных ситуаций.

Для реализации данных задач в автоматизированные системы управления технологическими процессами энергообъектов добавляют информационно-измерительные системы (ИИС), главной функцией которых является измерение, запись, а также первичная обработка текущих значений напряжения и тока; позиция контактов реле защит в различных режимах работы систем и их присоединений, таких как предаварийный, аварийный и послеаварийный, формирование осциллограмм протекающих процессов и протоколов аварий, также определение и наблюдение за параметрами нормального режима работы сети.

В статье рассматривается разработка автоматизированного стенда для испытаний погружных электродвигателей. Проведение приемо-сдаточных испытаний силового электрооборудования очень сложная задача в связи с тем, что необходимо оперативно измерять мгновенные значения информативных параметров для предотвращения аварийных режимов высоковольтного оборудования. При проведении испытаний электродвигателей очень важно контролировать информативные параметры. В роли носителей информации в АИИС применяют действующие (среднеквадратические) значения тока и напряжения, активную и реактивную мощности, которые называют интегральными характеристиками периодических сигналов (ИХПС), а также частоту. Для решения поставленной задачи предлагается применение аппроксимационного подхода при измерении интегральных характеристик периодического сигнала.

В статье описывается сущность аппроксимационного подхода, основанного на применение априорной информации о характере сигнала при дальнейшей замене интегральных преобразований арифметическими операциями с точечными оценками. Рассматривается разработанный метод на основе аппроксимационного подхода и интеллектуального

измерительного преобразователя для оперативного и точного контроля информативных параметров при испытании погружных электродвигателей за время не более полупериода, что позволяет не допустить аварийных и предаварийных режимов работы. Приводятся основные выводы по внедрению разработанного метода определения интегральных характеристик.

Ключевые слова: аппроксимационный метод измерений, активная мощность, гармонические сигналы, мгновенные значения, дополнительные сигналы, фазосдвигающий блок, гармоническая модель, погрешность, интегральные характеристики периодических сигналов, интеллектуальный измерительный преобразователь, реактивная мощность.

STAND OF RECEIVING-CONTINUOUS TESTS OF SUBMERSIBLE ELECTRIC MOTORS

Among numerous problems there is development of the Uniform Electrical Power System of Russia, one of the main tasks is providing and maintenance of reliability of work of EEC. Reliability, in this case, is understood as performance in full of functions prevention and elimination of accidents and emergency situations.

For realization of these tasks add the it is information-measuring systems (IIIMS) which main function is measurement, record and also preprocessing of the current values of tension and current to automated process control systems of power facilities; a position of contacts of the relay of protection in various operating modes of systems and their accessions, such, as preemergency, emergency and postemergency, formation of oscillograms of the proceeding processes and protocols of accidents, also definition and observation of parameters of a normal working hours of network.

In article development of the automated stand for tests of submersible electric motors is considered. Carrying out acceptance tests of power electric equipment very difficult task because it is necessary to measure quickly instant values of informative parameters, for prevention of emergency operation of the high-voltage equipment. When carrying out tests of electric motors it is very important to control informative parameters. As data carriers in AIIS the operating (mean square) values of current and tension, active and jet apply of power which call the integrated characteristics of periodic signals (ICPS) and also frequency. For the solution of an objective it is offered applications of approximating approach at measurement of integrated characteristics of a periodic signal.

In article the essence of the approximating approach based on application of prior information on the nature of a signal at further replacement of integrated transformations with arithmetic operations with dot estimates is described. The developed method on the basis of approximating approach and the intelligent measuring converter for operating and exact control of informative parameters at test of submersible electric motors in time no more half-cycle is considered that allows not to allow emergency and preemergency operation of work. The main conclusions on introduction of the developed method definitions of integrated characteristics are given.

Key words: approximation measurement method, effective power, harmonic signals, instantaneous values, additional signals, phase-shifting unit, harmonic model, error, integral characteristics of periodic signals, intelligent transducer, reactive power.harmonic signals, instantaneous values, additional signals, phase-shifting blocks, harmonic model, error.

Силовое электрооборудование является сложным электроэнергетическим объектом, который имеет большое число контролируемых параметров. В нефтяной промышленности при добыче нефти основным электрооборудованием являются погружные электродвигатели (ПЭД), обладающие высокой мощностью, насосы, а также устройства автоматического управления, релейной защиты и различной противоаварийной автоматики.

ПЭД является высоковольтным оборудованием, и выход его из строя электродвигателя может привести к аварийной ситуации и большим финансовым потерям. В процессе испытания электродвигателей необходимо

мгновенно определять повышенное напряжение и процессы разрушения, связанные с тепловыми процессами нагрева обмоток, а также пробои электричества высокого напряжения, для исключения дальнейшего разрушения электродвигателя.

Поэтому при испытании электродвигателей очень важно контролировать возникновение аварийного режима с помощью оперативного измерения информативных параметров за время не более полупериода питающей сети. Необходимость оперативного контроля заключается в минимизации возможного ущерба при испытании неисправного электродвигателя [1-4].

При проведении приемо-сдаточных испытаний ПЭД необходимо контролировать информативные параметры, такие как среднеквадратическое значение (СКЗ) тока и напряжения, активные и реактивные мощности, которые называются интегральными характеристиками периодических сигналов (ИХПС), а также сопротивление изоляции.

Современное электроизмерительное оборудование, которое позволяет измерить параметры электродвигателей, не обеспечивает нужное быстродействие и требуемую точность для проведения испытаний. Используемые в настоящее время быстродействующие системы защит не обладают необходимой точностью, поэтому приемо-сдаточные стенды оснащаются как системами измерения электрических параметров, так и системами оперативной защиты.

В статье рассматривается разработка автоматизированного информационного-измерительного преобразователя (АИИП), позволяющего оперативно, с высокой точностью, контролировать информативные параметры при испытании ПЭД за время не более полупериода, что позволяет не допустить аварийных и предаварийных режимов работы.

В разработанном АИИП применяется аппроксимационный подход для нахождения интегральных характеристик. Применение аппроксимационного подхода приводит к результативному решению и дает общеметодологическую платформу для приведения к единому виду измерительных средств и их дальнейшему метрологическому анализу [5-7].

Сущность аппроксимационного подхода заключается в следующем: когда измерительный сигнал аппроксимируется моделью, тогда, измеряя *m* значений сигнала при различных, в общем случае произвольных, значениях аргумента *t*, возможно скомпоновать систему m уравнений, которая решена относительно этих параметров:

$$\begin{cases} x_M(t_1, \alpha_1, ...\alpha_m) = x(t_1); \\ ... \\ x_M(t_m, \alpha_1, ...\alpha_m) = x(t_m) \end{cases}$$

Применение априорной информации о характере сигнала дает возможность произвести замену интегральных преобразований арифметическими операциями с точечными оценками. Такой подход дает возможность произвести обобщение известных методов, алгоритмов и средств измерений интегральных характеристик сигналов, а также разрабатывать совершенно новые [6, 7].

В общем случае, качество решения аппроксимационных задач оценивается результирующей погрешностью, которая включает в себя все, что определяет какое-либо несоответствие модели с моделируемой зависимостью [8]. Когда сигналы случайные, это интегральные, среднеквадратические характеристики. В случае квазидетерминированных сигналов есть вероятность получения более грубых характеристик равномерного приближения, но для выявления такого вида оценок необходимо знать реальную аппроксимирующую зависимость.

В АИИП реализован метод определения параметров по мгновенным значениям входных сигналов на основе формирования дополнительных сигналов (ДопС) напряжения и использования их характерных точек.

Разработанный метод измерения ИХПС исключает погрешность по модулю фазосдвигающего блока (ФБ), поскольку при его реализации используются только мгновенные значения (МгЗ) входных сигналов, и не предусматривает формирование дополнительных интервалов времени [9].

Метод основан на том, что формируют первый и второй ДопС напряжения, которые сдвинуты относительно входного по фазе на углы $\Delta\alpha$ и $2\Delta\alpha$ соответственно в сторону

опережения. В момент, когда происходит переход второго дополнительного напряжения через ноль, измеряют первые МгЗ входного напряжения и тока. В момент перехода первого ДопС напряжения через ноль измеряют вторые мгновенные значения входного напряжения и тока. ИХПС определяют по измеренным МгЗ входного напряжения и тока.

Графики процессов, поясняющие метод, приведены на рисунке 1.

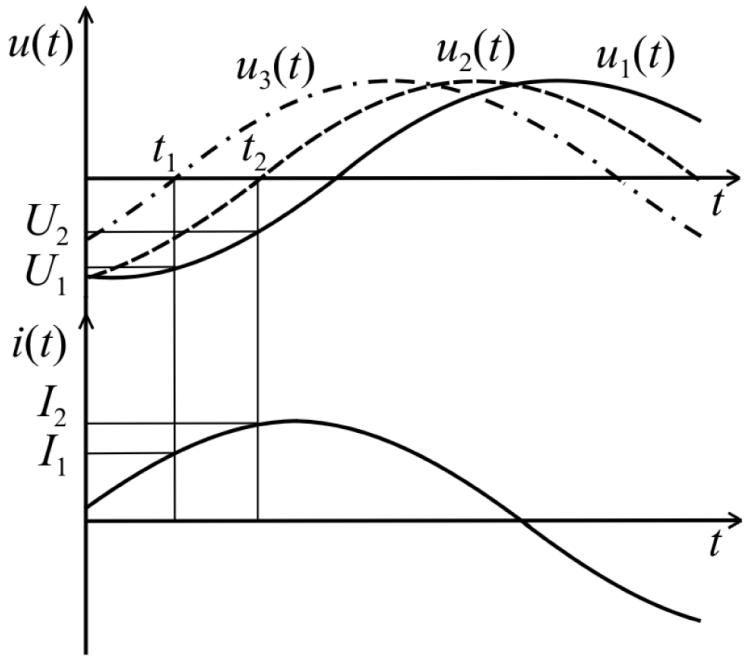


Рисунок 1. Графики процессов, поясняющие принцип работы ИИП

Если входной сигнал напряжения и тока соответствуют модели гармонического сигнала $u_1(t) = U_{m1} \sin \omega t$ и

$i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi)$, то ДопС напряжения примут вид: $u_2(t) = U_{m2} \sin(\omega t + \Delta\alpha)$,

$u_3(t) = U_{m3} \sin(\omega t + 2\Delta\alpha)$,

где U_{m1}, U_{m2} и U_{m3} – амплитудные значения входного и дополнительных напряжений.

В момент времени (МВ) t_1, когда второе дополнительное напряжение переходит через ноль из отрицательной полуволны в положительную, МгЗ напряжения и тока будут равны $U_1 = U_{m1} \sin(-2\Delta\alpha)$ и $I_1 = I_m \sin(\varphi - 2\Delta\alpha)$.

В МВ t_2, когда первый ДопС напряжения переходит через ноль из отрицательной полуволны в положительную, мгновенные значения напряжения и тока принимают вид: $U_2 = U_{m1} \sin(-\Delta\alpha)$ и $I_2 = I_m \sin(\varphi - \Delta\alpha)$.

Если использовать МгЗ сигналов при угле сдвига ФБ $\Delta\alpha \le \frac{\pi}{2}$, то после преобразований получим выражения для определения основных ИХПС:

$$U_{CK3} = \frac{\sqrt{2}U_2^2}{\sqrt{4U_2^2 - U_1^2}}; \quad (1)$$

$$I_{CK3} = \sqrt{\frac{1}{2}\left[I_2^2 + \frac{(2I_1U_2 - I_2U_1)^2}{4U_2^2 - U_1^2}\right]}; \quad (2)$$

$$P = \frac{U_2\left[I_2U_1 - I_1U_2)U_1 - 2U_2^2I_2\right]}{4U_2^2 - U_1^2}; \quad (3)$$

$$Q = \frac{(I_2U_1 - I_1U_2)U_2}{\sqrt{4U_2^2 - U_1^2}}. \quad (4)$$

Схема ИИП, с помощью которой может быть реализован рассматриваемый выше метод, показана на рисунке 2.

В состав АИИП входят: ППН, ППТ – первичный преобразователь напряжения и тока, ФБ – фазосдвигающий блок, Н-О – нуль-орган, АЦП – аналого-цифровой преобразователь, КНТ – контроллер.

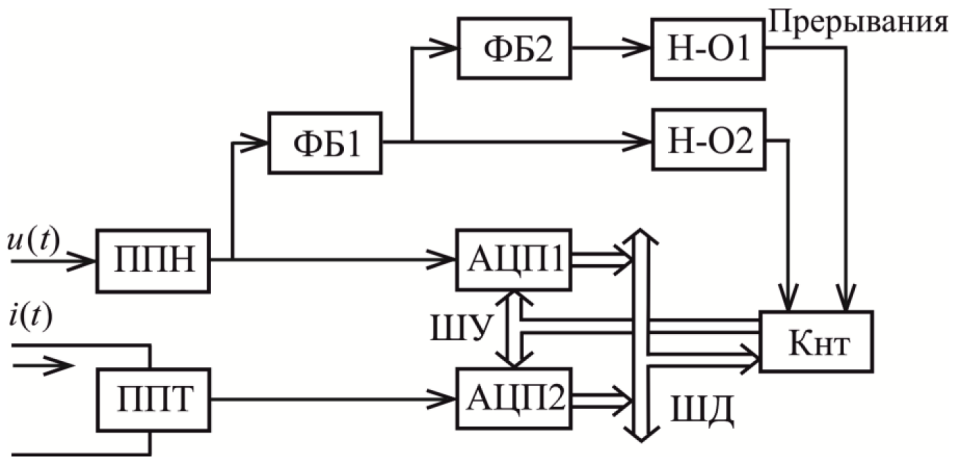


Рисунок 2. Схема АИИП, реализующая метод

В основу функционирования разработанной ИИП контроля электрических параметров электродвигателей заложен метод измерения интегральных характеристик по МгЗ сигналам, разделенным в пространстве. Разработанная система позволяет измерять весь комплекс ИХПС, а также частоту входных сигналов.

Выводы

Разработанная система прошла успешное внедрение на стенде приемо-сдаточных испытаний погружных электродвигателей в г. Отрадном.

Экспериментальные исследования показали, что разработанный ИИП обеспечивает измерение частоты и СКЗ напряжения и тока с основной относительной погрешностью менее 0,5 %, а активной и реактивной мощности – с основной приведенной погрешностью менее 0,5 %.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 18-08-00253, 16-08-00252).

Список литературы

1. ГОСТ 26772-85. Машины электрические вращающиеся. Обозначение выводов и направление вращения. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 21 с.

2. ГОСТ 11828-86. Машины электрические вращающиеся. Общие методы испытаний. – М.: Издательство стандартов, 2003. – 31 с.

3. ГОСТ 7217-87. Машины электрические вращающиеся. Методы испытаний. – М.: Издательство стандартов, 2003. – 39 с.

4. ГОСТ 30195-94. Электродвигатели асинхронные погружные. Общие технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1994. – 31 с.

5. Мелентьев В.С., Батищев В.И. Аппроксимационные методы и системы измерения и контроля параметров периодических сигналов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 240 с.

6. Батищев В.И., Мелентьев В.С. Использование аппроксимационного подхода для сокращения времени обработки измерительной информации // Инновации в условиях развития информационно-коммуникационных технологий. Инфо-2007: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Сочи: ИПУ РАН, 2007. – С. 67-71.

7. Ланге П.К., Ярославкина Е.Е. Аппроксимационные методы и средства обработки измерительных сигналов. – LAP Lambert Academic Publishing ru, 2017. – 237 с.

8. Новицкий П.В. Оценка погрешностей результатов измерений. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 248 с.

9. Мелентьев В.С., Иванов Ю.М., Муратова В.В. Метод измерения параметров гармонических сигналов на основе использования характерных точек дополнительных сигналов напряжения // Измерения. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2013. – № 4 (6).

References

1. GOST 26772-85. Mashiny elektricheskije vrashhajushhijesja. Oboznachenije vyvodov i napravlenie vrashhenija. – M.: IPK Izdatel'stvo standartov, 1985. – 21 p.

2. GOST 11828-86. Mashiny elektricheskije vrashhajushhiesja. Obshhije metody ispytanij. – M.: Izdatel'stvo standartov, 2003. – 31 p.

3. GOST 7217-87. Mashiny elektricheskie vrashhajushhiesja. Metody ispytanij. – M.: Izdatel'stvo standartov, 2003. – 39 p.

4. GOST 30195-94. Elektrodvigateli asinhronnye pogruzhnye. Obshhije tehnicheskije uslovija. – M.: Izdatel'stvo standartov, 1994. – 31 p.

5. Melent'ev V.S., Batishhev V.I. Approksimacionnyje metody i sistemy izmerenija i kontrolja parametrov periodicheskih signalov. – M.: FIZMATLIT, 2011. – 240 p.

6. Batishhev V.I., Melent'ev V.S. Ispol'zovanie approksimacionnogo podhoda dlja sokrashhenija vremeni obrabotki izmeritel'noj informacii / Innovacii v uslovijah razvitija informacionno-kommunikacionnyh tehnologij. Info-2007: Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Sochi: IPU RAN, 2007. – P. 67-71.

7. Lange P.K., Jaroslavkina E.E. Approksimacionnyje metody i sredstva obrabotki izmeritel'nyh signalov. – LAP Lambert Academic Publishing ru, 2017. – 237 p.

8. Novickij P.V. Ocenka pogreshnostej rezul'tatov izmerenij. – L.: Energoatomizdat, 1985. – 248 p.

9. Melent'ev V.S., Ivanov Ju.M., Muratova V.V. Metod izmerenija parametrov garmonicheskih signalov na osnove ispol'zovanija harakternyh tochek dopolnitel'nyh signalov naprjazhenija // Izmerenija. Monitoring. Upravlenie. Kontrol'. – 2013. – № 4 (6).