

- 1 Активное сопротивление индуктора при индукционном нагреве внутренних цилиндрических поверхностей / С. Луши, М. Форзан, А. И. Алиферов, А. А. Мелешко // Электротехника. – М.: Изд-во МЭИ (ТУ), 2010. – № 5. – С. 43-47.
- 2 Индукционный и электроконтактный нагрев металлов: монография / А. И. Алиферов, С. Луши. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – 410 с.
- 3 **Nemkov, V., Goldstein, R., Bukarin, V.** Optimal design of internal induction coils / Proceedings of Heating by Electromagnetic Sources, Padua, Italy, June 2004. – Padua: Publishing House University of Padua, 2004. – P. 489-496.

Материал поступил в редакцию 25.08.15.

А. И. Алиферов, А. А. Мелешко, С. И. Радько

Цилиндрилік беттердің индукторларының өзіндік индуктивті келергілері

Новосібір мемлекеттік техникалық университеті,
Новосібір қ., Россия.
Материал 25.08.15 баспаға түсті.

A. I. Aliferov, A. A. Meleshko, S. I. Rad'ko

Native impedances of the inner inductors in the cylindrical enclosures
Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia.
Material received on 25.08.15.

Бұл мақалада іші қуыс цилиндрлік дайындама ішіндегі индуктордың активті және өзіндік индуктивті кедергісіне беттік әсердің, жақындық әсерінің, сақиналық әсердің және науаша әсерінің бірлескен әсері зерттеледі. Индуктордың активті және өзіндік индуктивті кедергілерінің салыстырмалы коэффициентінің «индуктор – олішемдері ақырлы қуыс дайындама» жүйесінің геометриялық көрсеткіштерінен тәуелділіктері және ішкі магниттік сымы бар немесе жоқ кезде магнитті емес қыздырылатын дайындаманың салыстырмалы электркедергісінің тәуелділіктері көрсетілген.

In this paper we have researched the joint impact of the surface effect, nearness effect and slot effect on the active and native inductive impedance of the inductor; positioned inside the coreless cylindrical billet. There are also represented the dependences of the active and native inductive impedance

relative coefficient for the inductor on the relative geometrical parameters of the system «inductor – finite-sized coreless billet», specific impedance of the heated non-magnetic billet with and without inner iron circuit.

УДК 681.5(075)

О. А. Андреева

к.т.н., ассоциированный профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ

В статье показана возможность определения динамических характеристик промышленных объектов, действующих экспериментальным путем.

Ключевые слова: объект управления, динамические характеристики, экспериментальное определение, средства измерения.

Наиболее достоверные динамические характеристики действующих промышленных объектов могут быть получены экспериментальным путем. Эти объекты представляют собой, как правило, многомерные системы с различными сопротивлениями, запаздываниями и нелинейными зависимостями, поэтому аналитически определить их динамические свойства по конструктивному и физическим данным весьма сложно.

При экспериментальном определении динамических свойств объекта анализируют характер переходного или установившегося колебательного процесса, вызванного специально внесенными на вход объекта возмущениями либо случайными эксплуатационными возмущениями.

В первом случае используют, как правило, три типа возмущений:

– однократное скачкообразное возмущение, которому соответствует переходный процесс, называемый кривой разгона (или временной характеристикой);

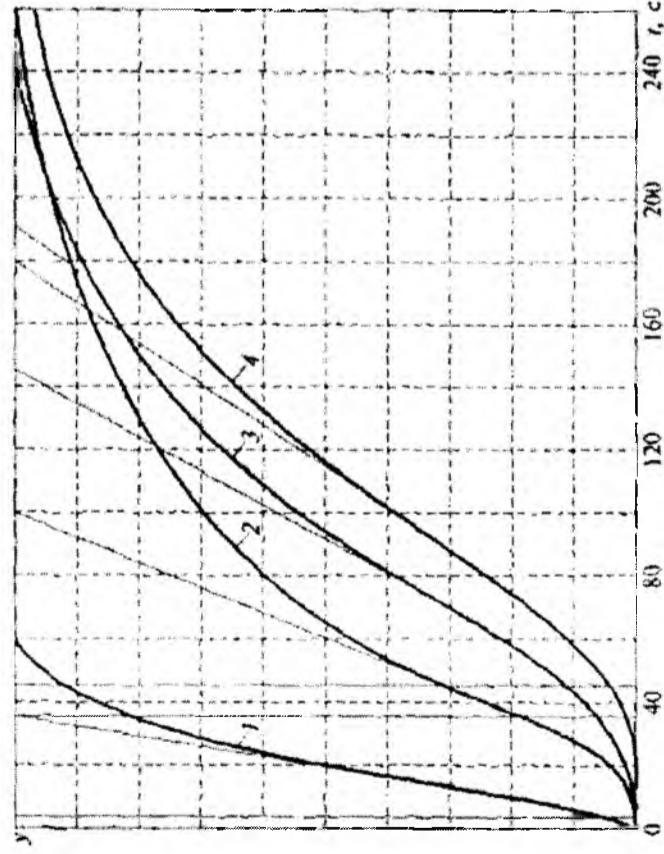
– однократное импульсное возмущение, которому соответствует переходный процесс, называемый импульсной характеристикой (или функцией веса);

– периодические возмущения, повторяющиеся с определенной частотой, которым соответствует установившийся процесс колебаний выходной

величины; по кривым изменения входной и выходной величин определяют частотные характеристики объекта.

Во втором случае динамические характеристики определяют путем статистического анализа кривых изменения во времени обычных эксплуатационных значений входной и выходной величин объекта без внесения специальных возмущений. Однако обработка громоздкого экспериментального материала требует больших усилий, поэтому этот метод не может быть рекомендован для широкого практического использования. При выборе метода экспериментального определения динамических свойств объекта следует исходить из характера поставленной задачи, условий проведения опытов, допустимых по технологическим требованиям отклонений исследуемой выходной величины объекта и характера случайных эксплуатационных возмущений.

Так, кривые разгона можно получить проще и быстрее, чем частотные характеристики, однако в этом случае отклонения выходной величины от номинального значения обычно значительнее, и случайные эксплуатационные возмущения больше искажают результаты. Следовательно, для выбора регулятора и его настроек вполне достаточно кривых разгона объекта, а для исследования его устойчивости удобнее использовать частотные характеристики. На рисунке 1 приведены кривые разгона реального промышленного объекта.

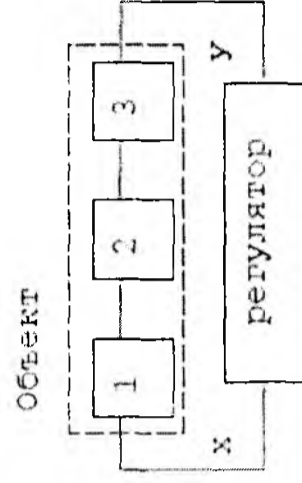


1 — давление на колошнике; 2 — температура дутья; 3 — температура купола
воздухонагревателя; 4 — влажность дутья

Рисунок 1 — Кривые разгона регулируемых параметров доменной печи

При исследовании сложного, многомерного объекта, переходный процесс в котором зависит от различных физических величин, динамические свойства объекта следует определять отдельно по каждой из этих величин. Таким образом, многомерный объект рассматривается как совокупность соответствующего числа одномерных объектов, переходные процессы в которых протекают независимо друг от друга. При этом предполагают, что перекрестные связи в агрегатах и процессах либо вовсе отсутствуют, либо незначительны, и в первом приближении ими можно пренебречь. На реальных объектах практически всегда исследуют какой-либо определенный участок от регулирующего органа до места измерения соответствующей выходной величины.

Объектом регулирования является сложное динамическое звено, в сочетании с которым работает регулятор. В это звено входят рассматриваемый участок агрегата, чувствительный элемент и все средства измерения выходной величины, а также регулирующийся орган, изменяющий поступление регулирующей среды по команде регулятора (рисунок 2). Для того чтобы выбрать регулятор и его настройки, необходимо знать динамические свойства этого звена системы регулирования, так как совокупность свойств всех его элементов определяет условия работы регулятора. Регулятором является регулирующее устройство, вырабатывающее по определенному закону регулирующее воздействие и реализующее его через исполнительный механизм.



1 — регулирующийся орган; 2 — агрегат; 3 — измерительный элемент

Рисунок 2 — Объект регулирования в замкнутой системе

Входной величиной объекта является положение регулирующего органа, следовательно, возможная нелинейность его характеристики будет отражена в характеристиках объекта. Кроме этого целесообразно рассматривать и регистрировать входную величину собственно агрегата, т.е. расход регулирующей среды (греющей или охлаждающей жидкости в теплообменных аппаратах; топлива в печах и котлах; воздуха при регулировании процесса горения; жидкости при регулировании уровня и т.п.). Это позволит выявить необходимость замены неудачно выбранных регулирующих органов.

Статические характеристики нелинейного объекта, иллюстрирующие связь между значениями его входных и выходных величин в установившихся состояниях, также нелинейные, а дифференциальные уравнения переходных процессов (динамические характеристики) будут представлять собой нелинейные дифференциальные уравнения, коэффициенты которых зависят от значений переменных.

Нелинейность, если она существенная, приводит к часто наблюдаемому изменению экспериментальных динамических характеристик объектов, особенно при больших возмущениях или значительных изменениях нагрузки объекта. Поэтому определение динамических характеристик объектов, технологическим режимам которых свойственны широкие диапазоны изменения нагрузки, следует проводить при различных режимах (хотя бы при двух видах нагрузки – высокой и пониженной). Сравнение полученных при этом результатов позволит оценить степень нелинейности объекта и допустимые пределы линеаризации его характеристик. На объектах с узким диапазоном изменения нагрузки обычно достаточно провести опыты при номинальном режиме.

В отдельных случаях выходная величина объекта, характеризующая состояние агрегата и ход технологического процесса, может зависеть вследствие наличия перекрестных связей от нескольких входных величин. Тогда необходимо провести опыты с возмущениями по каждой из этих величин отдельно. Полученные результаты позволят оценить степень зависимости между этими величинами. Следовательно, в ходе опытов по определению динамических характеристик целесообразно контролировать, а иногда и регистрировать изменения во времени не только входной и выходной величин объекта, но и тех величин, изменение которых может сказаться на характере переходного процесса. Так, например, исследуя изменение уровня воды в барабане парового котла, при возмущении по расходу воды следует регистрировать также изменения паровой нагрузки и давления пара в барабане, а при возмущении по расходу пара – расход воды; при определении кривой разгона по температуре в одной из зон многозонной нагревательной печи следует регистрировать расход топлива не только в этой, но и в соседних зонах. Это позволяет лучше контролировать стабильность условий опыта, оценивать достоверность полученных результатов, а иногда и вносить в них необходимые поправки.

В опытах по определению динамических характеристик важен правильный выбор средств измерения и регистрации входных и особенно выходных величин. Если на объекте уже установлена определенная система автоматического регулирования, то для измерения выходной величины следует использовать те измерительные приборы, которые входят в данную систему. В этом случае определяют и затем используют для расчета общие

характеристики звена, включающего в себя объект, импульсные линии и измерительный прибор, сигнал от которого поступает на регулятор.

Регистрация изменения входной величины объекта, как правило, не вызывает затруднений. Ее можно производить либо при непосредственном наблюдении, определяя момент внесения возмущения и его величину по указателю положения регулирующего органа, либо по приборам, измеряющим расход соответствующей регулирующей среды. При исследовании быстро протекающих процессов целесообразно снабжать регулирующие органы электрическими датчиками и регистрировать изменения автоматически.

При регулировании сравнительно медленно протекающих процессов (изменений температуры, влажности и др.) выходные (и входные) величины объекта регистрируются с помощью многоканальных приборов. В тех случаях, когда нужно полностью исключить влияние измерительной аппаратуры, следует использовать практически бесынерционные приборы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Методы классической и современной теории и автоматического управления: Учебник в 3 т. – Т. 1. Анализ и статическая динамика систем автоматического управления / под ред. Н. Е. Егунова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000.
- 2 Шишмарев, В. Ю. Типовые элементы систем автоматического регулирования. – М.: Изд. центр «Академия», 2004.
- 3 Шавров, А. В., Коломпец, А. П. Автоматика. – М.: Колосс, 2009.
- 4 Бородин, И. Ф., Судшук, Ю. А. Автоматизация технологических процессов, 2004. – 312 с.

Материал поступил в редакцию 10.09.15.

О. А. Андреева

Регтеу өндiрiстiк объектiлерiнiң динамикалык сипаттамаларын эксперименттiк түрiнде анықтау

С. Торайгыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 10.09.15 басыпаға түсті.

O. Andreyeva

Experimental determination of dynamic characteristics of industrial objects of regulation

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 10.09.15.