

УДК 681.514

ВАРИАНТ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

В.Г. Щетинин

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

E-mail: schetinin_v@mail.ru

Проанализированы перспектива и технические возможности применения установок индукционного нагрева для различных технических задач. Рассмотрены проблемы, возникающие при синтезе структурных схем подобных установок. Показана возможность использования общих моделей для различных технологических процессов преобразования электрической энергии, и, как следствие, возможность применения приемов и структур, отработанных для электромеханических систем частотнорегулируемого электропривода для решения отдельных задач управления процессом индукционного нагрева. Рассмотрена структура системы управления индукционным нагревом металла с наблюдателем, восстанавливающим значение температуры в зоне нагрева. Применение предлагаемого подхода наиболее целесообразно для процессов термической обработки маломерных деталей либо для крупносерийного производства.

Ключевые слова: индукционный нагрев, наблюдатель состояния, температура в зоне тепловыделения

Применение индукционных установок для нагрева токопроводящих сред является в настоящее время одним из самых перспективных технических решений. Достоинством технологических схем, использующих технологию индукционного нагрева является, например, возможность реализации непосредственно, перед обработкой давлением (прессованием), или, как в установках нагрева нефти – совмещение нагрева с транспортировкой перемешиванием, другим достоинством является хорошая управляемость процесса и реализация многокритериальной оптимизации – достижение высоких результатов для совокупности выходных параметров (быстродействие, расход энергии, распределение температуры и ряда других).

Разработке алгоритмов и аппаратуры управления для индукционного нагрева посвящено большое количество работ [1,2]. Полученные результаты позволяют удовлетворить самые высокие требования. Но, даже в такой ситуации, узким местом остается реализация измерительной части установки, особенно для установок крупносерийного производства. Измерение температур порядка нескольких сотен градусов чаще всего предполагает применение в качестве датчиков термпар, зачеканиваемых на деталь, либо пирометров, обеспечивающих бесконтактное измерение, но предъявляющих дополнительные требования к базированию датчика и качеству атмосферы.

Конфигурация электрической схемы замещения технологического процесса индукционного нагрева, отражающей основные энергетические процессы, чаще

Владимир Георгиевич Щетинин (к.т.н., доц.), доцент кафедры «Автоматика и управление в технических системах».

всего, представляется в виде Г-образной, широко используемой при рассмотрении энергетических процессов в электроустройствах, принцип действия которых связан с взаимными преобразованиями энергии электрической и магнитной составляющих поля. К таким устройствам относятся электрические трансформаторы и асинхронные электрические машины. Общим для всех этих установок является наличие реверсивного преобразования электрической энергии и энергии магнитного поля [3]. При этом выделяется цепь намагничивания, обладающая импедансом Z_μ , параметры, моделирующие поток рассеяния и потерь в элементах конструкции установки – Z_s , и цепь преобразования (использования) энергии – Z_r .

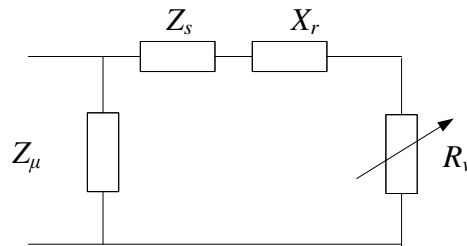


Рис. 1. Схема замещения

Тогда имеем:

$$Z_\mu = R_\mu + X_\mu$$

$$Z_s = R_s + X_s$$

$$Z_r = R_v + X_r,$$

где R_v – нагрузка вторичной (выходной) цепи, аналог физических процессов преобразования электрической энергии в иные – тепло в индукционной нагревательной установке, механическое движение в асинхронном двигателе, нагрузка (в рассматриваемом примере – активная) трансформатора, а остальные реактивные и активные компоненты – соответствующие модельные представления магнитных потоков и потерь в магнитной цепи и обмотке индуктора.

Для одного из представителей рассмотренного семейства – асинхронной машины разработаны эффективные алгоритмы параметрической идентификации на основании измерения мгновенных значений тока и напряжения на входе установки [3,4]. Точность идентификации параметров модели, в том числе – активного сопротивления ротора, достигает 10^{-4} , что в дальнейшем позволяет реализовать системы управления, обеспечивающие в диапазоне регулирования порядка 1000 статическую ошибку не более 5...10%. Для получения таких результатов, например, используется структура системы управления с наблюдателем состояния Матсусе [4].

Применение подобного подхода к синтезу структуры системы управления процессом индукционного нагрева позволяет реализовать её как систему с наблюдателем состояния, восстанавливающим неконтролируемую координату – температуру в зоне нагрева. Учитывая, что контур вихревых токов при индукционном нагреве моделируется Z_r , а тепловыделение моделируется активным сопротивлением R_v , для рассматриваемой ситуации представляется возможным, используя методику [2], восстанавливать действительное значение активного

сопротивления контура вихревых токов, моделируемого некоторым короткозамкнутым витком. Так как температурная зависимость его известна заранее – $R_t = R_{t_0} (1 + \beta_t(t^0 - t_0^0))$, то не представляет сложности получить (восстановить) значение температуры в зоне тепловыделения. Дальнейшая процедура расчета картины температурного распределения по глубине является классической и её решению посвящено большое количество работ, например [1,2].

Применение рассматриваемой структуры системы управления обеспечивает бесконтактное получение высокоточной информации о температуре в зоне тепловыделения индукционной установки и наиболее целесообразно для процессов термической обработки маломерных деталей либо для крупносерийного производства, когда применение термпар неудобно по технологическим соображениям, а радиационные методы не подходят по точностным показателям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ранопорт Э.Я., Плишвицева Ю.Э.* Оптимальное управление температурными режимами индукционного нагрева – М.: Наука, 2012. – 309 с.
2. *Ранопорт Э.Я.* Оптимизация процессов индукционного нагрева металла – М.: Metallurgy, 1993. – 279 с.
3. *Виноградов А., Сибирцев А., Колодин И.* Адаптивно-векторная система управления бездатчикового асинхронного электропривода серии ЭПВ. Силовая Электроника, 2006, №3, с.с. 50...55.
4. *Пересада С.М., Бовкунович В.С., Ковбаса С.Н.* Адаптивный наблюдатель Матсусе: новый синтез, гарантирующий асимптотичность оценивания вектора потокосцепления и активного сопротивления ротора асинхронного двигателя - Технічна електродинаміка. 2010. №.3, с.с. 28-3

Статья поступила в редакцию 25 октября 2014 г.

A VARIANT OF THE STRUCTURE OF INDUCTION HEATING CONTROL SYSTEM

V.G. Shchetinin

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

The perspective and the technical capabilities of application of induction heating facilities for several kind of technical problems are analyzed. The problems that arise in design of such units structures are considered. Possibilities for the use of general models for different technological processes of electrical energy reformation are presented, and as consequence the possibilities for the use of methods and structures tested on electromechanical systems of variable-frequency drive for solving several induction heating control problems are shown. Consider a case of control system of the metal induction heating with observer that reconstructs temperature value at the heating zone. The application of this method is reasonable for heat treatment of small-sized details or for large-scale manufacture.

Keywords: *induction heating, condition observer, heat zone temperature*

Vladimir G. Shchetinin (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.