

Список литературы:

- [1] Удод В. А., Ван Я., Осипов С. П., Чахлов С. В., Усачев Е. Ю., Лебедев М. Б., Темник А. К. // Современное состояние и перспективы развития систем цифровой рентгенографии для дефектоскопии, диагностики и досмотрового контроля объектов (обзор). Дефектоскопия. – 2016. – № 9. – С. 11–28.
- [2] Osipov S. P., Libin E. E., Chakhlov S. V., Osipov O. S., Shtein A. M. // Parameter identification method for dual-energy X-ray imaging. NDT & E International. – 2015. – Vol. 76. – P. 38–42.
- [3] Park J. S., Kim J. K. // Calculation of effective atomic number and normal density using a source weighting method in a dual energy X-ray inspection system. Journal of the Korean physical society. – 2011. – Vol. 59. – No. 4. – P. 2709–2713.
- [4] Iovea M., Neagu M., Dului O. G., Oaie G., Szobotka S., Mateiasi G. // A dedicated on-board dual-energy computer tomograph. Journal of Nondestructive Evaluation. – 2011. – Vol. 30. – No. 3. – P. 164–171.
- [5] Li L., Li R., Zhang S., Zhao T., Chen Z. // A dynamic material discrimination algorithm for dual MV energy X-ray digital radiography. Applied Radiation and Isotopes. – 2016. – Vol. 114. – P. 188–195.
- [6] Клименов В. А., Осипов С. П., Темник А. К. // Идентификация вещества объекта контроля методом дуальных энергий. Дефектоскопия. – 2013. – № 11. – С. 40–50.
- [7] Осипов С. П., Темник А. К., Чахлов С. В. // Влияние физических факторов на качество идентификации веществ объектов контроля высокоэнергетическим методом дуальных энергий. Дефектоскопия. – 2014. – № 8 – С. 69–77.

КОММУНИКАЦИОННЫЙ СИМУЛЯТОР БЕТАТРОНА

Чжун Ян, Чахлов Сергей Владимирович, Ван Яньчжао

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

yan.tchzhun@yandex.ru

Успешное применение бетатронов в досмотровых системах [1] делает актуальной проблему создания специализированного оборудования, облегчающего их сервисное обслуживание. Так как доступ к бетатрону, работающему в реальной системе, по многим причинам затруднен, а свободного бетатрона у пользователя нет из-за высокой стоимости. Поэтому нам нужно создать устройство для проверки управляющего бетатроном программного обеспечения досмотровой системы. По назначению этого устройства, назовем его коммуникационный симулятор бетатрона. Функции создаваемого устройства должны повторять как можно больше функций бетатрона.

С учетом функций бетатрона [2,3], мы должны:

- Моделировать рабочее состояние бетатрона с помощью сигнальных ламп, управляемых микропроцессором: состояние Ready – свечение зеленой лампы, состояние Countdown – свечение желтой лампы, состояния Standby и Radiation On – свечение красной лампы.
- Моделировать при свечении красной лампы ток инжекции в диапазоне 0-12В и сигнал обратной связи $\pm 5В$.
- Моделировать сигнал дозы, и на выходе получать напряжение в диапазоне 0,1-5В с малым шумом.

Мы спроектировали все электронные схемы, выполняющие заданные функции и соединили все схемы в одну и собрали печатную плату. Проведена проверка готовой печатной платы. Результаты проверки показали, что плата выполняет все заданные функции и может применяться для отладки управляющего бетатроном программного обеспечения досмотровой системы.

Список литературы:

- [1] Chakhlov S. V., Kasyanov S. V., Kasyanov V. A., Osipov S. P., Stein M. M., Stein A. M., Sun Xiaoming. // Betatron Application in Mobile and Relocatable Inspection Systems for Freight Transport Control. 2016. J. Phys.: Conf. Ser. 671. С. 5.
- [2] Москалев В.А., Чахлов В.Л., Бетатроны: монография. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – С. 267.
- [3] В.А. Москалев, Г.И. Сергеев. Индукционный ускоритель электронов - бетатрон: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – С. 330.
- [4] Hu Bin, Hu Song. Electronics Engineer Essentials – Component Application Collection. Beijing: Posts & Telecom Press. 2012. – С. 798.

ЭКРАННЫЙ ВИХРЕТОКОВЫЙ ДАТЧИК УРОВНЯ РАСПЛАВА В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ

Савин Игорь Сергеевич, Славинская Екатерина Андреевна

Московский энергетический университет

На сегодняшний день в металлургии широко распространены вихретоковые датчики. Одно из типичных применений – измерение уровня расплава стали в кристаллизаторе машины непрерывного литья заготовок. В последнее время широкое распространение получили датчики встроенного типа. Такой датчик устанавливается напротив медной стенки кристаллизатора. Датчик измеряет уровень по температуре медной стенки, т.к. из-за экранирования медной стенкой сигнал от стали в 100 раз меньше сигнала от нагрева (изменения электропроводности) медной стенки кристаллизатора [1, 2].

У вихретоковых датчиков встроенного типа имеется существенный недостаток – погрешность от инерционности тепловых процессов в медной стенке, т.к. при изменении уровня металла температура стенки изменяется с запаздыванием. Чем больше толщина стенки, тем больше запаздывание в сигнале датчика. Кроме того дополнительное запаздывание появляется при разливке с использованием шлакообразующей смеси, которая добавляется в кристаллизатор и играет роль смазки между слитком и медной стенкой.

Для снижения этой погрешности необходимо выделять сигнал непосредственно от жидкой стали. Это возможно при экранной конструкции датчика. При этом обмотка возбуждения и обмотки измерения устанавливаются на противоположных стенках кристаллизатора. При такой конструкции соотношение «сигнал от стали/ сигнал от меди» возрастает в несколько десятков раз.

Для приблизительной оценки величин сигнала от металла и сигнала от нагрева медной стенки кристаллизатора был проведен лабораторный эксперимент с реальной гильзой кристаллизатора и имитатором уровня расплава из нержавеющей стали (брусочек с сечением равным внутреннему сечению гильзы кристаллизатора). В ходе эксперимента при разных частотах возбуждения были получены годографы от изменения уровня металла (перемещения имитатора внутри гильзы) и годографы от нагрева медной гильзы (гильза нагревалась электротехническим феном на 100°C). В результате чего было выявлено, что сигнал от металла убывает с ростом частоты, а сигнал от нагрева минимален при частоте 125-150 Гц. В этом диапазоне частот соотношение «сигнал от металла/сигнал от нагрева» максимально и равно 0.4.

В реальности температура медной стенки изменяется на 150-200°C. Кроме того в медной стенке присутствует температурный градиент как по высоте, так и по толщине. Лабораторный эксперимент этого не учитывает, в то время как оба этих градиента влияют на форму годографов от изменения температуры. Так же в лабораторном эксперименте невозможно получить годограф от реального изменения уровня, когда в гильзе присутствует и температурное распределение и металл. Для получения уточненных годографов было использовано междисциплинарное математическое моделирование методом конечных элементов в программе ANSYS Workbench 17.

В ходе моделирования были получены годографы от изменения уровня только металла (они совпали с экспериментальными годографами), годографы от перемещения температурного распределения в медной гильзе (они отличаются годографов полученных в лабораторном опыте из-за присутствия двух градиентов) и годограф от реального изменения уровня, когда присутствует и металл и соответствующее ему температурное распределение. Из результатов видно, что все годографы не линейны, из-за чего невозможно использовать амплитудно-фазовую отстройку для выделения сигнала только от стали и снижения сигнала от температуры.

В ходе моделирования и лабораторного эксперимента была показана возможность увеличения соотношения «сигнал от стали/сигнал от температуры» в 40 раз по сравнению с датчиком встроенного типа. Но сложность выделения сигнала только от стали заключается в нелинейности всех годографов. Для разработки алгоритма обработки сигнала экранного датчика необходимо дальнейшее проведение промышленного эксперимента на реальной машине непрерывного литья заготовок.

Список литературы:

- [1] Mörmann, J. Schmid, S. Spagnul. *Recent progress in fast and accurate meniscus level measurement for continuous casting machines Proc. 7th European Continuous Casting Conference (ECCC) 2011, 27 June — 1 July 2011, Dusseldorf.*
- [2] Терехин И.В. *Разработка вихретоковых средств контроля уровня жидкого металла в гильзовом кристаллизаторе при непрерывной разливке стали. автореф. дис., канд. техн. наук. М., 2008.*