

4. Doroshenko V. S., Sheiko N. I. New V-Process Technology Produces Bar, Strip and Shaped Casting on a Continuous Basis // Foundry International. – 1993. – № 3. – P. 224-225, 232.
5. Пат. 2015794 России, МКИ В22С 9/02/. Установка для непрерывного литья / В. С. Дорошенко, Н. И. Шейко. – Оpubл. 15.07.1994, Бюл. № 13.
6. Пат. 2070469 России, МКИ В22С 9/02/. Установка для литья / В. С. Дорошенко, Н. И. Шейко. – Оpubл. 12.20.1996, Бюл. № 35.
7. Пат. 2070470 России, МКИ В22С 9/02. Установка для литья / В. С. Дорошенко, Н. И. Шейко. – Оpubл. 12.20.1996., Бюл. № 35.
8. Минаев А. А., Хоткин Е. Б., Сазонов В. А. Вакуумная формовка. – М.: Машиностроение, 1984. – 216 с.
9. Пат. 93723 Украины, МПК8 В22D18/06, В22 С 9/02/. Спосіб лиття металу за одноразовими моделями в піщану форму під дією перепаду тиску / О.И. Шинский, В. С. Дорошенко. – Оpubл. 10.03.2011, Бюл. № 5.
10. Дорошенко В. С. Кравченко В. П. Постепенное обновление парадигмы в теории литейных процессов по теме взаимодействия металла с песчаной формой // Металл и литье Украины. – 2009. – № 10 – С. 28-33.

Поступила 11.02.2011

УДК 621.74.06

Н. А. Слажнев

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

АДАПТАЦИЯ МАГНИТОДИНАМИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ МДН-6А-0,63-М ДЛЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ К СЕТЯМ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ С ЧАСТОТОЙ 60 Гц*

Представлены теоретический и экспериментальный анализы методов адаптации электромагнитных систем магнитодинамической установки МДН-6А-0,63-М к условиям сетей электропитания с частотой 60 Гц. Приведены результаты экспериментальных исследований электрических характеристик работы адаптированных электромагнитных систем магнитодинамической установки и опытно-промышленной проверки модернизированной установки в промышленных условиях с сетями электропитания с частотой 60 Гц.

Ключевые слова: магнитодинамическая установка, адаптация, напряжение, частота, индукция, мощность, индуктор, электромагнит, катушки, алюминиевый расплав.

Подано теоретичний та експериментальний аналізи методів адаптації електромагнітних систем магнітодинамічної установки МДН-6А-0,63-М до умов мереж електроживлення з частотою 60 Гц. Наведено результати експериментальних досліджень електричних характеристик роботи адаптованих електромагнітних систем магнітодинамічної установки та дослідно-промислової перевірки модернізованої установки в промислових умовах із мережею електроживлення з частотою 60 Гц.

Ключові слова: магнітодинамічна установка, адаптація, напруга, частота, індукція, потужність, індуктор, електромагніт, катушки, алюмінієвий розплав.

The theoretical and experimental analysis of the electromagnetic systems of magnetodynamic installation MDN-6A-0.63-M to the terms of industrial power supply with frequency 60 Hertz

*Работа выполнена под руководством В. Н. Фикссена с участием А. О. Горшкова и С. В. Горюка

adaptation methods is presented. The results of experimental researches of electrical characteristics of magnetodynamic installation electromagnetic systems and experimental-industrial verification of modernized installation at the industrial conditions with frequency 60 Hertz power supply was confirmed declared.

Keywords: magnetodynamic installation, adaptation, voltage, frequency, induction, power, inductor, electromagnet, windings, aluminium alloy.

Введение

Повышение качества алюминиевых сплавов и изготовленных из них литых заготовок является приоритетной научно-технической задачей как в Украине, так и за рубежом. От ее успешного решения в значительной мере зависит развитие наукоемких отраслей техники.

В связи с этим особое внимание уделяется модернизации имеющегося и созданию нового высокоэффективного оборудования и сопутствующих технологий внепечной обработки и управляемой дозированной разливки алюминиевых сплавов.

Примером таких работ являются исследования и научно-технологические разработки, проводимые в ФТИМС НАН Украины и направленные на совершенствование ранее созданных конкурентоспособных на мировых рынках многофункциональных электротехнологических установок типа МНД-6А для приготовления и электромагнитной разливки алюминиевых сплавов, а также создания сопутствующих технологий обработки и дозирования таких металлов.

Новизна и высокий уровень такого оборудования подтверждаются его востребованностью за рубежом, в частности, поставками в последние годы по контрактам в Нидерланды, Бразилию и Южную Корею.

Многофункциональность магнитодинамических установок (МДУ) обуславливается особенностью их конструкции, в которой индукционная канальная печь совмещена с дополнительным электромагнитом. Это позволяет производить управляемый индукционный нагрев жидкого алюминия и создавать в рабочей зоне регулируемое электромагнитное давление. Варьирование амплитудным значением напряжения, подаваемого на электромагнитные системы МДУ и его фаз, позволяет организовать управляемое по направлению и интенсивности перемещение жидкого алюминия в системе каналов и тигле МДУ или же обеспечить его регулируемую подачу через металлопровод в литейную форму с использованием разнообразных технологий получения литых изделий [1, 2].

Ряд этих функциональных возможностей характеризует магнитодинамическую установку не только как миксер-дозатор, но и как средство, позволяющее осуществлять доводку и внепечную обработку расплава [3], включающую операции легирования, рафинирования и модифицирования сплава, непосредственно в одной технологической емкости без необходимости осуществления переливов жидкого металла из одного агрегата в другой вплоть до заливки в литейную форму.

Комплекс реализуемых задач с использованием одного и того же агрегата является одним из важнейших его достоинств, определяющих конкурентоспособность в современном литейном производстве.

Одним из примеров востребованности такого оборудования было выполнение научно-исследовательских работ в рамках международного сотрудничества с Корейским институтом исследования материалов в 2007-2010 гг., направленных на создание МДУ емкостью 630 кг по жидкому алюминию, которая способна развивать максимальный массовый расход до 10 кг/с, а также производить физическое модифицирование металла. С учетом результатов этих НИР в 2008 г. был заключен контракт на разработку, изготовление и поставку модернизированной магнитодинамической установки МДН-6А-0.63-М в частную Южно-Корейскую компанию «Dong San Tech. Co., Ltd» в г. Чангвон. Оборудование с такими технологическими возможностями разработано в Украине впервые. Поставленные задачи были успеш-

но решены, при этом в результате апробации разработанного оборудования были обнаружены новые эффекты, связанные с электрофизической обработкой расплава в процессе его выдержки в МДУ [3].

Постановка задачи

Одной из важных задач при внедрении магнитодинамической установки на территории технологического участка Южно-Корейской компании «Dong San Tech. Co., Ltd» была адаптация электрооборудования МДУ к частоте промышленной электрической сети, которая составляла 60 Гц. Согласно стандартам Республики Корея, промышленная электрическая сеть предусматривает следующие параметры: однофазные переменные 220 В с частотой 60 Гц и трехфазные переменные 380 В с частотой 60 Гц.

В магнитодинамических устройствах предусматривается использование электрической энергии для индукционного нагрева жидкого алюминия и создания электромагнитных сил (вследствие взаимодействия индуцируемого переменного электрического тока с внешним переменным магнитным полем, генерируемым электромагнитом) для управляемого перемещения расплава. В реальных условиях Украины МДН-установка питается переменным трехфазным напряжением 380 В с частотой 50 Гц.

Переход электрической сети с 50 на 60 Гц приводит к изменению ряда технологических параметров работы магнитодинамического оборудования. Они, в частности, связаны с ростом индуктивного сопротивления электромагнитных систем установки, что оказывает существенное влияние на тепловые и гидродинамические характеристики работы магнитодинамической установки.

Два таких основных процесса, как нагрев жидкого металла, характеризуемый полной мощностью, передаваемой в виток (1), и транспортирование расплава под действием объемных электромагнитных сил (2) обуславливают технические характеристики работы МДУ.

Так, тепловая мощность P_B , выделяемая в жидкометаллическом витке, согласно закону Джоуля-Ленца, описывается выражением [1]

$$P_B = I_B^2 (R_B + E_v / I_B) \approx I_B^2 \cdot R_B, \quad (1)$$

где I_B – ток в витке, А; R_B – активное сопротивление витка, Ом; E_v – ЭДС, возникающая в рабочей зоне (р. з), при движении металла в магнитном поле, В.

Создаваемая в рабочей зоне МДУ электромагнитная сила f_e является результатом произведения плотности тока j в р. з. и магнитной индукции B

$$f_e = j \times B. \quad (2)$$

Составляющая j плотности тока выражается как функция тока витка, приведенная к геометрическим размерам рабочей зоны МДУ, и может быть записана в виде

$$j = \frac{I_B}{4ab}, \text{ А / м}^2, \quad (3)$$

где a и b – ширина и высота р. з., м.

Индукция в рабочей зоне B_n с учетом рассеяния магнитного потока пропорциональна индукции в межполюсном пространстве электромагнита (4) и индукции в магнитопроводе (5)

$$B_n = \frac{B_{Fe3}}{K_h}, \text{ Тл}, \quad (4)$$

где K_h – коэффициент рассеяния магнитного потока (определяется экспериментально); B_{Fe_3} – индукция в его магнитопроводе, Тл.

$$B_{Fe_3} = \frac{E_B}{4,44 \cdot f \cdot S'_{Fe_3} \cdot 0,9}, \text{Тл} \quad (5)$$

где E_B – ЭДС, создаваемая индуктором в витке жидкого металла, В; f – частота тока, Гц; S'_{Fe_3} – площадь сечения шихтованного железа под катушкой, м².

$$E_B = \frac{2U_n}{K_n \cdot W_n}, \text{В} \quad (6)$$

где U_n – напряжение питания обмотки индуктора, В; K_n – коэффициент, учитывающий падение напряжения в обмотке индуктора; W_n – количество витков обмотки индуктора.

Ток в витке жидкого металла I_B , генерируемый по трансформаторному принципу преобразования электрической энергии, согласно закону Ома для переменного тока

$$I_B = \frac{E_B}{z_B}, \text{А} \quad (7)$$

Полное электросопротивление системы «индуктор-виток жидкого металла» следующее:

$$z_B = \sqrt{R_B^2 + x_B^2}, \text{Ом} \quad (8)$$

Составляющие активного R_B (9) и индуктивного сопротивлений x_B (10) в системе «индуктор-виток жидкого металла» аналогично зависят от частоты тока

$$R_B = 2 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{1}{\sigma_m} f \sum \frac{a_{xi}}{b_{xi}} F_{xi}}, \text{Ом} \quad (9)$$

а индуктивное сопротивление

$$x_B = 8 \cdot 10^{-6} f \frac{\Delta S}{b_n} K_R K_S, \text{Ом} \quad (10)$$

где $1/\sigma_m$ – удельное сопротивление алюминиевого расплава, Ом⁻¹; a_{xi} – длина участка витка, м; l_{xi} , b_{xi} – размеры сечения витка на участках длиной a_{xi} (l_{xi} – размер в направлении проникновения электромагнитной волны), м; F_{xi} – функция Бесселя для участков с разной геометрией; ΔS – эквивалентная площадь зазора, равная сумме площадей между обмоткой и витком, с учетом 1/3 площадей обмотки индуктора и витка, м²; K_R – коэффициент Роговского; K_S – коэффициент, учитывающий разность высот витка и обмотки индуктора.

Из выражений (9) и (10) очевидно, что увеличение частоты тока предопределяет рост активного и индуктивного сопротивлений в системах «индуктор-виток жидкого металла» и «электромагнит».

Обобщение зависимости величины полного электрического сопротивления системы «индуктор-виток жидкого металла» от частоты питающего напряжения показало, что его изменение прямо пропорционально изменению их величин

$$\frac{z(f_2)_b}{z(f_1)_b} = \frac{\sqrt{f_2 + f_2^2}}{\sqrt{f_1 + f_1^2}} \approx \frac{f_2}{f_1}, \quad (11)$$

где f_1 и f_2 - соответственно частоты переменного электрического тока, Гц.

Таким образом, изменение частоты питания электромагнитных систем МДУ с 50 на 60 Гц приводит к снижению активной мощности, выделяемой в жидкометаллическом витке (1), соответственно в 1,2 раза, амплитудного значения магнитной индукции (3), (4), генерируемой электромагнитом, и создаваемого в результате электромагнитного давления (2).

Одним из методов обеспечения равенства условий работы электромагнитных систем МДУ при переходе на другую частоту является соблюдение равенства индукции магнитного поля в магнитопроводах электромагнитных систем (соотношения $U/f = \text{const}$).

В данном случае для воспроизведения технологических характеристик работы МДУ при частоте 60 Гц необходимо поднять напряжение питания МДУ в 1,2 раза (с 380 до 456 В), тем самым увеличив величину E_B в выражениях (5) и (7).

Однако такой прием нерационален вследствие необходимости применения повышающих трансформаторов соответствующей мощности, что удорожает стоимость оборудования.

Второй способ решения задачи заключается в изменении коэффициента трансформации в электрической системе «индуктор-виток жидкого металла» путем изменения количества витков обмоток индуктора W_{II} (7) и электромагнита для напряжения промышленной электросети 380 В с частотой 60 Гц. В этом случае задача адаптации электромагнитных систем МДУ к частоте 60 Гц сводится к уменьшению количества витков обмоток индукторов и электромагнита соответственно в 1,2 раза.

Экспериментальные исследования

Для изучения адекватности предложенного метода адаптации МДУ к частоте 60 Гц путем уменьшения количества витков обмоток электромагнитных систем в работе были проведены экспериментальные исследования, целью которых была проверка и определение соответствия зависимостей магнитной индукции в магнитопроводах индуктора и электромагнита при частотах 50 и 60 Гц при условии снижения количества витков в обмотках электромагнитных систем.

В работе дополнительно экспериментально исследовали вольтамперные характеристики первичных обмоток понижающих трансформаторов, так как следствием изменения количества витков в катушках электромагнитных систем может быть недопустимое повышение силы тока в первичных обмотках понижающих трансформаторов и соответственно на контактах коммутационных электрических аппаратов.

Согласно предварительным расчетам, для работы МДУ на частоте 60 Гц было необходимо уменьшить количество витков обмоток электромагнитных систем МДУ в 1,2 раза.

Электромагнитные системы МДУ (рис. 1) функционально состоят из двух индукторов 3 и С-образного электромагнита 6. Каждый из двух индукторов МДУ имеет катушку с однослойной обмоткой, состоящей из 30 витков, а электромагнит – две соединенные последовательно катушки с трехслойными обмотками, каждая из которых состоит из 17 витков (по 5 витков в первом и втором слоях и 7 витков – в третьем). Диапазон изменения количества витков был выбран в пределах от 3 до 6-ти витков для индукторов (с 30 до 24÷27) и от 3 до 2-х (с 17 до 15÷14) – для каждой из катушек электромагнита.

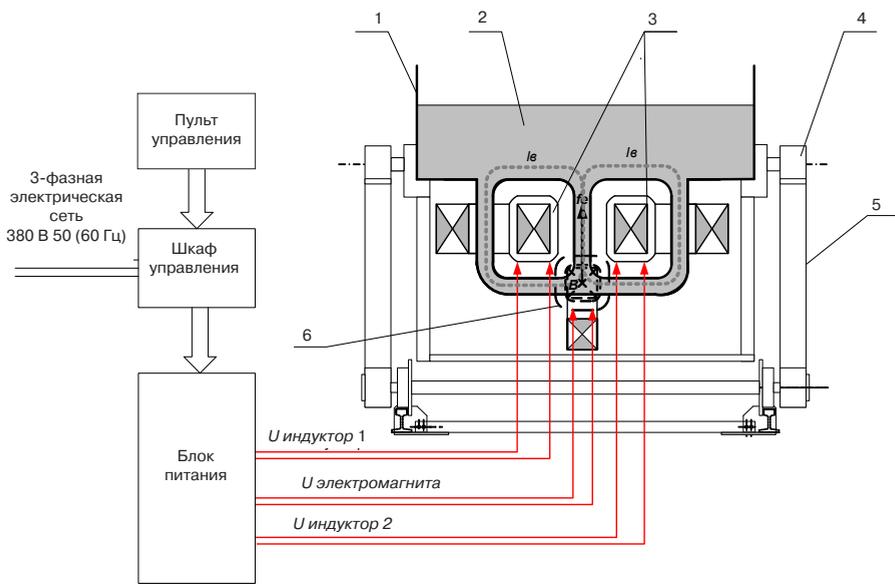


Рис. 1. Схема подключения электромагнитных систем магнитодинамической установки: 1 – тигель МДУ; 2 – алюминиевый расплав; 3 – катушки индукторов; 4 – шасси; 5 – рельсы; 6 – катушка электромагнита

На этапе проведения экспериментов без жидкого металла предварительно снятые с шасси МДУ индуктор и электромагнит подключали к источнику питания, согласно схеме (рис. 2). В качестве источника питания в условиях технологического участка ФТИМС НАН Украины использовали тиристорный преобразователь частоты марки ТПЧ-63-3Ф, который на выходе генерирует переменное трехфазное напряжение 380 В с возможностью регулирования частоты в диапазоне от 20 до 90 Гц.

Напряжение с преобразователя частоты подавали на понижающий трансформатор, аналогичный используемой в блоке питания установке МДН-6А-0,63. Эти трансформаторы обеспечивают 5-ступенчатое регулирование напряжения на вторичной обмотке в диапазоне 45-85 В. К вторичной обмотке понижающего трансформатора подключали обмотки индуктора и электромагнита.

Количество витков в катушках изменяли с помощью специального устройства, которое обеспечивало надежный контакт кабеля, идущего от понижающего трансформатора с заданным номером витка обмотки (№ 26, 25 и 24 индуктора и № 16, 15 и 14 электромагнита) со стороны первого отвода катушки. Второй кабель был подсоединен неизменно ко второму отводу катушки, рис. 2, а.

Вольтамперные характеристики исследовали с помощью вольтметров и амперметров, подключенных, согласно схеме (рис. 2, б), при изменении напряжения, подаваемого на обмотку индуктора и электромагнита, путем переключения ступеней понижающего трансформатора в диапазоне от 45 до 85 В для 50 и 60 Гц при неизменном напряжении на первичной обмотке трансформатора, равном 380 В.

Магнитную индукцию в магнитопроводе индуктора определяли с помощью измерительной катушки (рис. 2), к концам которой подсоединяли вольтметр и измеряли напряжение, индуцированное в ней переменным магнитным потоком, проходящим через магнитопровод. Расчет магнитной индукции в магнитопроводе индуктора производили для 50 и 60 Гц по формуле [1, 4]

$$B = \frac{E}{4,44 f S_{\text{н}} w}, \text{Тл}, \quad (12)$$

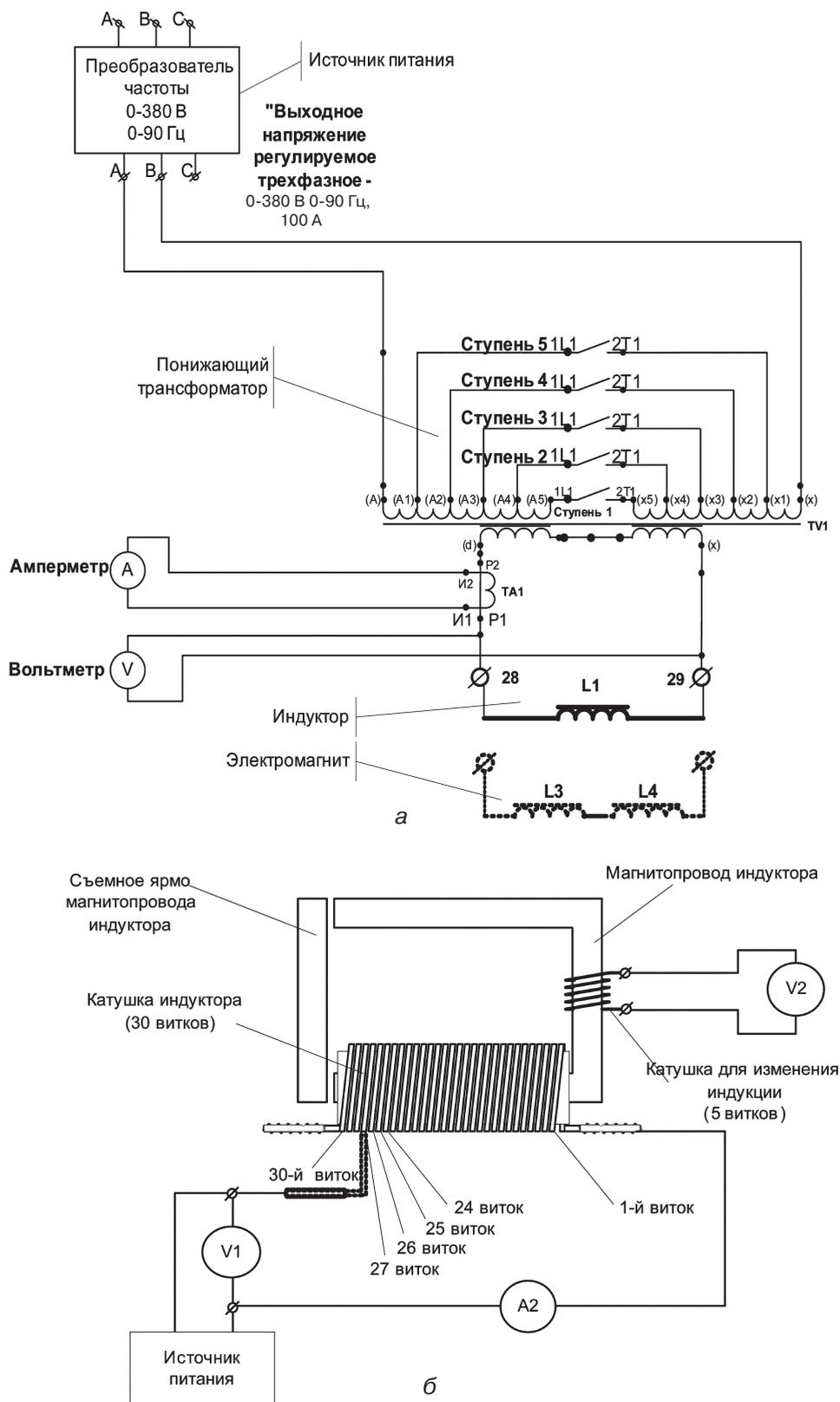


Рис. 2. Схема подключения (а) и измерения (б) электрических параметров индуктора (электромагнита)

где E – напряжение на свободных концах обмотки, В; f – частота напряжения (50, 60 Гц); $S_{\text{и}}$ – сечение магнитопровода (индуктора - 0,00736 м²); w – количество витков измерительной обмотки (5 витков).

Магнитную индукцию электромагнита измеряли с помощью датчика индукции, помещенного в межполюсном пространстве электромагнита. Расчет абсолютной величины индукции, генерируемой электромагнитом в его межполюсном пространстве, производили по формуле [1, 4]

$$B_g = \frac{E_g}{2 \pi f S_{\text{э}} w}, \text{ Тл}, \quad (13)$$

где E_g – напряжение на катушке датчика индукции, В; $S_{\text{э}}w$ – произведение сечения катушки датчика на количество ее витков ($SW = 10,8 \cdot 10^{-4}$), м².

Для более полного изучения параметров работы индуктора последний исследовали в следующих трех режимах работы при частотах 50 и 60 Гц:

- Холостой ход, соответствующий включению установки МДН-6А-0,63 без жидкого металла.

- Имитация работы индуктора с жидким металлом в установке. Для этого с магнитопровода снимали замыкающее ярмо, то есть делали магнитопровод разомкнутым. При этом токи в обмотке индуктора становились близки к тем, которые имеют место при работе установки с жидким металлом.

- Имитация работы индуктора с жидким металлом в установке путем использования медного водоохлаждаемого витка.

После регистрации базовых вольтамперных характеристик индуктора для 50 Гц проводили эксперименты при отключении 3, 4, 5 и 6-ти витков обмотки индуктора (то есть при подключении 27, 26, 25 и 24 витков) и питающего первичную обмотку понижающего трансформатора при напряжении 380 В и частоте 60 Гц.

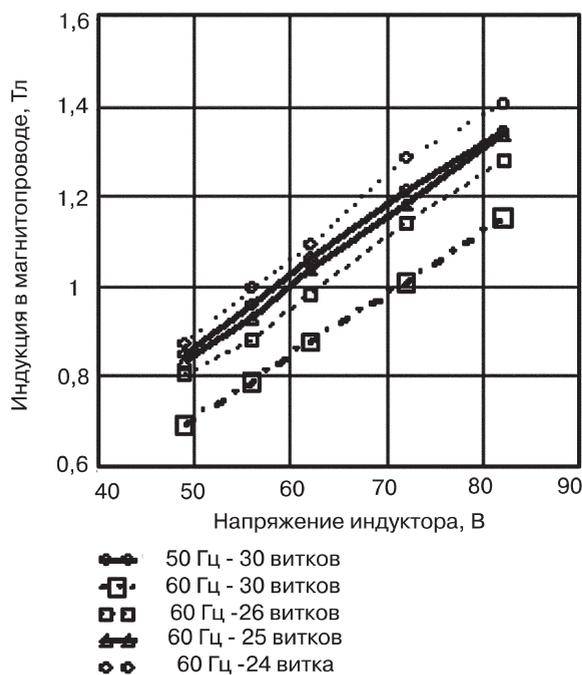
Параметры работы электромагнита исследовали в режиме холостого хода, поскольку токи в его обмотках при наличии в установке жидкого металла изменяются не более чем на 5 %.

Анализ результатов испытаний индуктора в холостом режиме показал, что для достижения равных величин индукций в магнитопроводе индуктора при питании понижающего трансформатора входным напряжением 380 В с частотой 50 и 60 Гц, соответственно, необходимо уменьшить количество витков индуктора с 30 до 24-25. В этом случае в магнитопроводе индуктора при частоте 60 Гц и том же питающем напряжении индуцируются те же значения индукции, что и при 50 Гц.

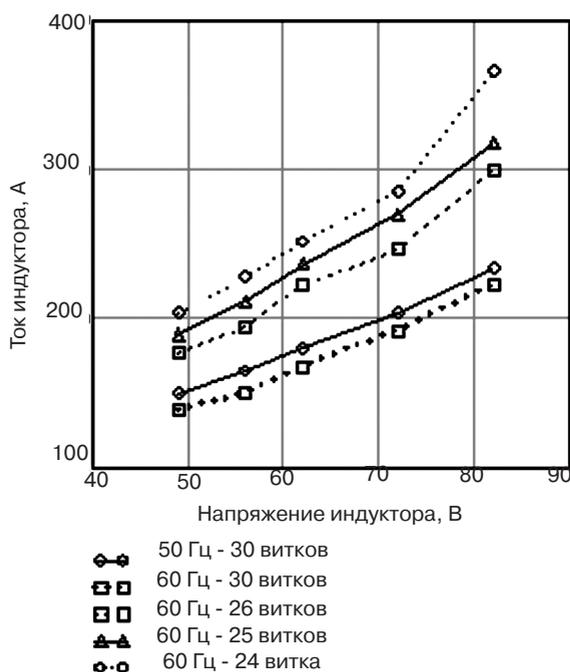
В режиме имитации нагрузки со снятым ярмом было установлено, что значение магнитной индукции находится ниже значения, адекватного 50 Гц, как для 25, так и 24 витков. Однако данный эффект не наблюдался для случая, когда в качестве нагрузки использовали короткозамкнутый жидкометаллический виток. Объясняется это следующим: при снятом ярме большая часть магнитного потока замыкается через воздух, а это приводит к существенному влиянию полей рассеивания на измерительную катушку.

В случае использования в качестве нагрузки медного водоохлаждаемого короткозамкнутого витка очевидно (рис. 3, а), что для достижения равных величин магнитной индукции при питании напряжением 50 и 60 Гц необходимо удалить 5 витков из 30.

Вольтамперная характеристика индуктора при подключении 25 витков расположена несколько выше (рис. 3, б) (\approx в 1,18-1,25 раза), что адекватно росту сопротивления в системе «индуктор-виток» при переходе на 60 Гц и использованному в данном случае методу сохранения равенства абсолютного значения ампер-витков



а



б

Рис. 3. Зависимость индукции (а) в магнитопроводе и тока (б) в обмотке индуктора от напряжения в режиме имитации с использованием медного водоохлаждаемого витка

($280 \cdot 30 = 8400 \text{ A} \cdot \text{W}$ при 50 Гц и $345 \cdot 25 = 8625 \text{ A} \cdot \text{W}$ при 60 Гц).

Аналогичные эксперименты были проведены и для электромагнита. Анализ полученных данных показал (рис. 4, а, б), что для достижения равенства магнитной индукции в межполюсном пространстве электромагнита необходимо с каждой обмотки удалить по 3 витка (с 17 до 14).

Для проверки результатов экспериментальных исследований по адаптации МДУ к частоте 60 Гц в 2009 г. в производственных условиях Южной корейской компании была произведена модернизация катушек электромагнитных систем применительно к эксплуатации с использованием промышленной трехфазной электросети напряжением 380 В и частотой 60 Гц.

Основными проверочными критериями соответствия метода адаптации МДУ к частоте 60 Гц являлась проверка тепловых и гидродинамических характеристик работы магнитодинамической установки.

Изучение тепловых и гидродинамических характеристик работы МДУ, адаптированной к частоте 60 Гц

С целью компенсации 20%-ного роста реактивного сопротивления в системе «индуктор-виток» при переходе с 50 на 60 Гц величина ЭДС, индуцируемая в жидкометаллическом витке, была увеличена в 1,2 раза, а величина тока, индуцируемого в витке, осталась прежней, согласно выражению (1). Тепловыделение в жидкометаллическом витке повышается в $\approx 1,2$ раза.

Это было показано в результате проведения экспериментов по измерению скорости нагрева расплава в МДН-6А-0,63-М с модернизированными электромагнитными системами, адаптированными к 60 Гц.

Исследование скорости нагрева проводили путем измерения времени нагрева расплава до температуры 730 °С при плавлении чушек алюминиевого сплава массой 25 и 50 кг (опционно) в тигле МДН в режиме «Хранения» и ступенях индукторов 5-5 (максимальное значение). Дополнительно исследовали режимы нагрева металла с закрытым и открытым тиглем (с крышкой и без крышки).

Результаты исследований скорости нагрева при частоте 50 и 60 Гц показали (рис. 5), что при питании МДУ напряжением частотой 60 Гц скорость нагрева (по сравнению с частотой 50 Гц), в 1,2-1,45 раза выше и составляет 4,5 °С/мин (3,0 °С/мин) при закрытом тигле и 4,18 °С/мин (2,5 °С/мин) – при открытом для массы расплава 175 кг. При этом скорость нагрева расплава для частоты 50 Гц составила от 3,0 °С/мин (2,2 °С/мин) при закрытом тигле и 2,4 °С/мин (1,5 °С/мин) – при открытом.

Анализ энергетических параметров работы индукторов после модернизации применительно к частоте 60 Гц показал прирост активной мощности по сравнению с 50 Гц на 17-27 % и полной мощности с 21 до 37 % в зависимости от напряжения, подаваемого на обмотки индукторов (рис. 6).

Аналогичные испытания были проведены и для проверки гидравлических характеристик работы адаптированной МДУ. В результате было подтверждено их соответствие паспортным данным магнитодинамической установки, при этом максимальный массовый расход, развиваемый адаптированной МДУ, при заливке алюминиевого расплава открытой струей составил 10,34 кг/с. Рост полной мощности работы МДУ в режиме разлива при одновременном включении индукторов и электромагнита в зависимости от развиваемого МДУ электромагнитного давления составил от 23 до 38 %.

В результате комплекса проведенных опытно-промышленных испытаний модернизированной адаптированной к электросети 60 Гц МДУ было подтверждено полное соответствие технических характеристик, предусмотренных регламентом.

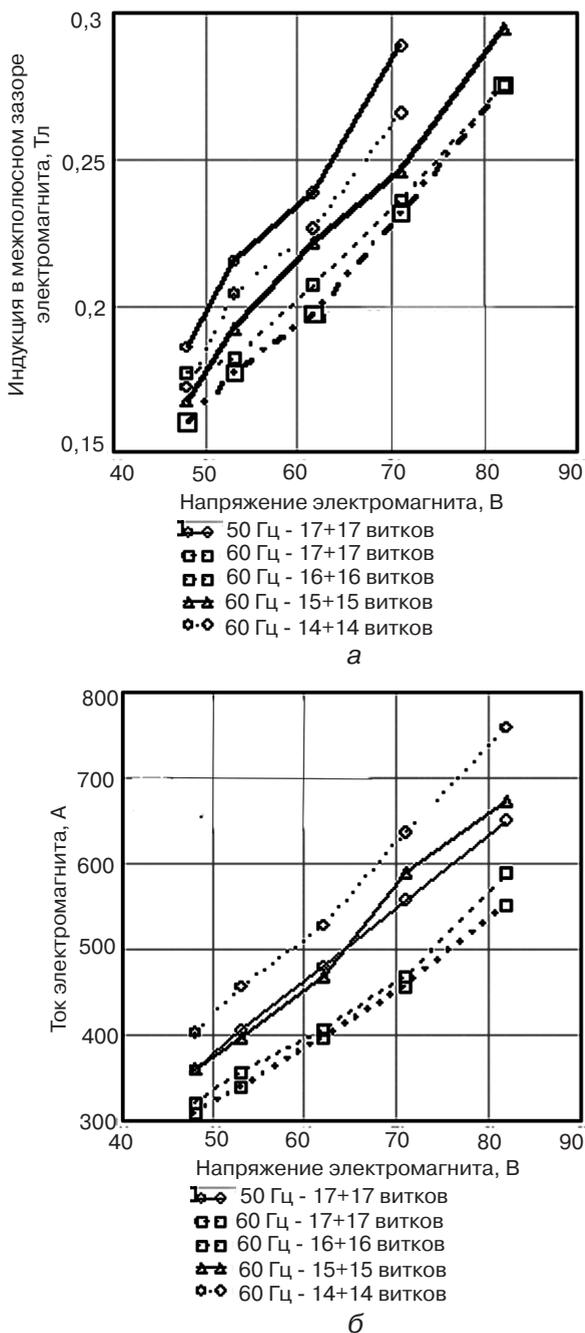


Рис. 4. Зависимость индукции в межполюсном пространстве электромагнита (а) и тока (б) в обмотке

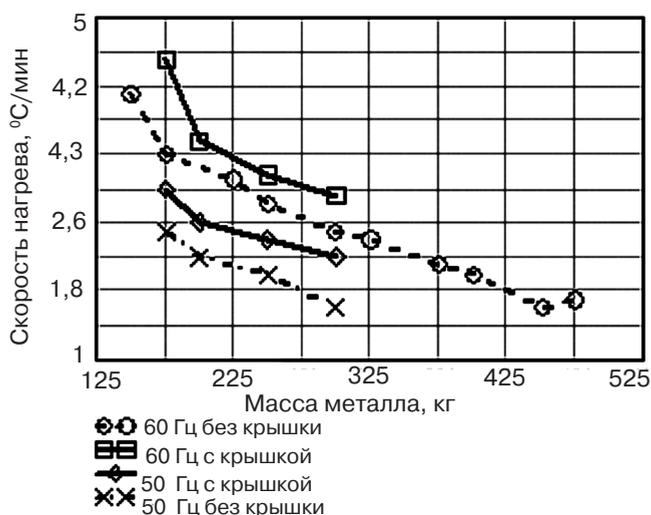


Рис. 5. Зависимость скорости нагрева алюминиевого сплава в промышленной модернизированной МДН-6А-0,63-М при частоте питающего напряжения 50 и 60 Гц

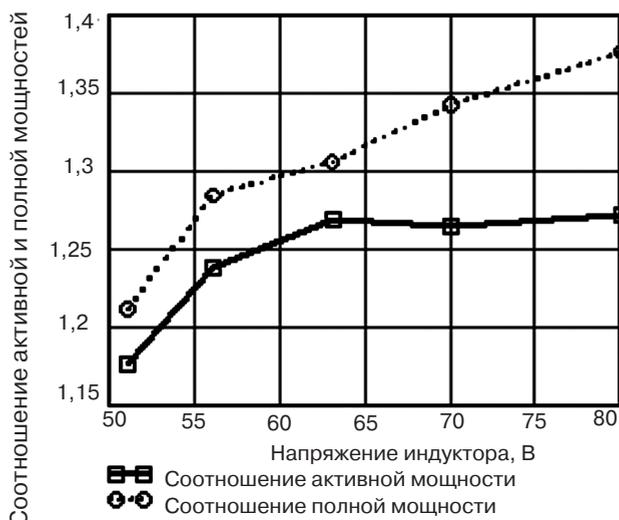


Рис. 6. Соотношение активной и полной мощностей при переходе МДУ на частоту питающего напряжения 60 Гц

Перспективным направлением дальнейшей модернизации МДУ для алюминиевых сплавов является разработка нового блока питания ее электромагнитных систем с использованием в качестве средств регулирования тиристорных регуляторов напряжения, обеспечивающих плавное регулирование параметрами работы МДУ и осуществление комплексной автоматизации систем управления ее работой. При этом модернизация обмоток электромагнитных систем уже не потребуется, аспект применимости МДУ в условиях промышленных электросетей разных стран будет решен исключительно средствами аппаратного регулирования без необходимости изменений конструкции основных агрегатов магнитодинамических установок.

Выводы

- Проведен теоретический анализ изменения электрических параметров работы МДУ при переходе на частоту питающего напряжения 60 Гц.

Новые методы и прогрессивные технологии литья

• В результате проведенных экспериментов установлено, что для обеспечения аналогичных условий работы электромагнитных систем МДН при питании установкой напряжением 380 В и частотой 60 Гц необходимо уменьшить количество витков обмотки индуктора с 30 до 25 витков, а электромагнита – с 17 до 14 в каждой из двух последовательно соединенных обмоток.

• На основании теоретических и экспериментальных исследований произведена адаптация электромагнитных систем МДУ непосредственно в условиях технологического участка Южно-Корейской компании при питании МДУ трехфазным напряжением 380 В и частотой 60 Гц.

• Исследования тепловых режимов работы МДУ при частоте питающего напряжения 60 Гц показали, что скорость нагрева расплава повышается в 1,2-1,45 раза, при этом рост активной мощности электромагнитных систем индукторов составляет 17-27 %, а полной мощности – до 38 %.

• Исследования гидравлических характеристик работы адаптированной МДУ к частоте 60 Гц показали их полное соответствие расчетным параметрам.

• В результате комплекса проведенных опытно-промышленных испытаний модернизированной адаптированной к электросети 60 Гц МДУ было подтверждено полное соответствие фактическим заявленным техническим характеристикам, а также показана возможность работы такого оборудования в условиях электросети с частотой 60 Гц.



Список литературы

1. Магнитодинамические насосы для жидких металлов / В. П. Полищук, М. Р. Цин, Р. К. Горн и др. – Киев: Наук. думка, 1989. – 256 с.
2. Дубоделов В. И. Разработки ФТИМС НАН Украины в области магнитной гидродинамики и их применение в литейных и металлургических технологиях // 50 лет в Академии наук Украины: ИЛП, ИПЛ, ФТИМС. – Киев: ФТИМС НАН Украины (редакция журнала «Процессы литья»), 2008. – С. 126-149.
3. Skorobogatko Y. P., Kyung-Hyung Kim, Jung-Moo Lee. Electrophysical Processing of Aluminium Alloys in the Magnetodynamic Installations V. I. Dubodelov, V. M. Fikssen, M. A. Slazhniev, M. S. Goryuk // Proceedings of the 7th International PAMIR Conference on Fundamental and Applied MHD and COST P17 Annual Workshop 2008. (September 8-12, Presqu'île de Giens, France). – 2008. – V. 2. – P. 935-938.
4. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. — М.: Гардарики, 2002. — 638 с.

Поступила 10.06.2011

Уважаемые подписчики!

Подписаться на журнал «Процессы литья»
через Интернет
можно на сайте ГП «Пресса» www.presa.ua
с помощью сервиса «Подписка On-line».
