

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ПАВЛОДАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им.С.ТОРАЙГЫРОВА



4'2002

НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА



КАЗАХСТАН
ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

10-летию

**НЕЗАВИСИМОСТИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**
посвящается



Жаратылыстану ғылымдары

М.Ж. Толымбеков

Марганецті кен базасы мен ХХІ ғасырдағы Қазақстан Республикасының ферромарганецті жергілікті шикізат өндіру болашақтары 7

В.В. Рыдин

Жүйе тепе-теңсіздігінің сандық өлшемдері және процесс өту барысындағы олардың өзгеруі 12

А.К. Алтысов

10-сынып геометриясын векторлық – координаталық негізде оқыту әдістемесі 22

Т. Сұлейменов

Д.И. Менделеевтің периодтық жүйесі және балқымаларындағы ультрадыбыстың таралуының өзгерісі арасындағы заңдылықтар 33

Ғ.М. Мұқанов

Жиын қуаты және трансфиниттер теориясының логикалық құралымы 41

Ж.Қ. Шоманова, Р.Ж. Мұқанова,

К.Т. Сапаров, Р.Қ. Сеитова

Павлодар қаласының өндіріс аймағының топырақ құрамына ықпалы 50

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Нухулы А., д.х.н., проф. (*главный редактор*)

Утегулов Б.Б., д.т.н., проф. (*зам. гл. редактора*)

Ельмуратова А.Ф., к.т.н., доц. (*отв. секретарь*)

Члены редакционной коллегии:

Бойко Ф.К., д.т.н., проф.

Газалиев А.М., д.х.н., проф., член-корр. НАН РК

Гамарник Г.Н., д.т.н., проф.

Глазырин А.И., д.т.н., проф.

Даукеев Г.Ж., к.т.н., проф.

Ергожин Е.Е., д.х.н., проф., академик НАН РК

Кислов А.П., к.т.н., доц.

Клецель М.Я., д.т.н., проф.

Кудерин М.К., к.т.н., доц.

Мансуров З.А., д.х.н., проф.

Мурзагулова К.Б., д.х.н., проф.

Пивень Г.Г., д.т.н., проф.

Сагинов А.С., д.т.н., проф., академик НАН РК

Сулеев Д.К., к.т.н., проф.

Сейтахметова Г.Н. (*тех. редактор*)

Адрес редакции:

637034, г. Павлодар.

ул. Ломова, 64.

Тел.: (3182) 45-11-43

(3182) 45-38-60

Факс: (3182) 45-11-23

E-mail: publish@psu.kz

nauka@psu.kz

УДК 621.365.5

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАГНИТОПРОВОДОВ В ИНДУКЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

А.П. Кислов

*Павлодарский государственный университет
им. С.Торайгырова*

Магнитоткізгіштерді қолдану облыстары көрсетілген және олардың пайдалануы анықталған.

Предложена классификация применения магнитопроводов и представлен анализ их использования.

The classification of magnet conductors using is suggested and the analysis of their using is introduced.

Индукционные электротехнологические установки (ЭТУ) находят применение в различных отраслях народного хозяйства. Весьма перспективны индукционные ЭТУ с использованием криорезистивных систем.

Эффективность применения криорезистивных систем определяется существенным уменьшением удельного электрического сопротивления проводящих элементов при криотемпературах, снижением электрических потерь в них, возможностью повышения плотности тока и сокращением расхода материалов.

Электротехнологические установки, в частности индукционные ЭТУ, являются наиболее приемлемыми объектами для внедрения криорезистивных систем, что обусловлено их большими единичными мощностями, относительно низкими значениями электрического КПД, имеющимися резервами повышения производительности и расширения технологических возможностей, удобствами криостатирования индуктора.

Отметим, что электрический КПД индукционных установок находится в диапазоне 0,45-0,8, а коэффициент мощности не превышает 0,4.

В связи с этим важно оценить возможности улучшения энергетических характеристик индукционных ЭТУ. В // всесторонне проанализированы и обобщены направления работ в области улучшения энергетических характеристик индукционных ЭТУ; предложена классификация способов повышения электрического КПД системы индуктор-загрузка, но слабо отражены вопросы, связанные с использованием внешних магнитопроводов.

Подробный анализ влияния магнитопроводов на энергетические характеристики индукционных установок позволил автору разработать классификацию применения магнитопроводов в индукционных ЭТУ.

В предложенной классифика-

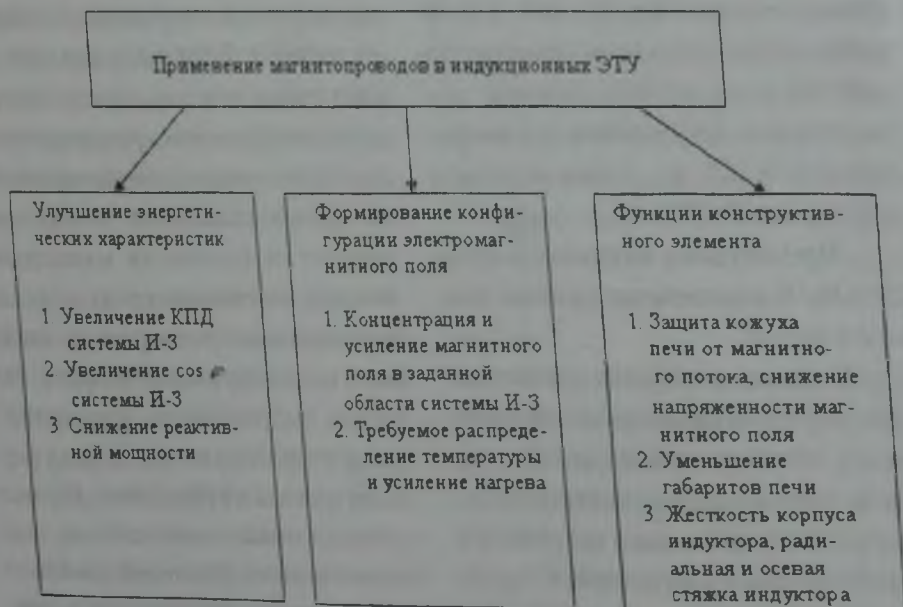
ции применения магнитопроводов (рис. 1) можно выделить три группы по их назначению и сути:

первая группа – назначение магнитопроводов позволяет улучшить энергетические характеристики индукционных ЭТУ;

вторая группа – назначение магнитопроводов состоит в формировании конфигурации электромагнитного поля и заданного распределения температуры, что обеспечивает как концентрацию и усиление магнитного поля, так и распределение температуры, даже градиентное;

третья группа – назначение магнитопроводов сводится к функции конструктивного элемента и защите от полей рассеивания (роль экрана).

Классификация применения магнитопроводов в индукционных ЭТУ



Применение внешних и внутренних магнитопроводов для улучшения энергетических характеристик ЭТУ преследует несколько целей, каждая из которых определяется конкретной ситуацией.

Анализ энергетической эффективности использования внешних магнитопроводов /2/ показал, что введение внешних магнитопроводов при нагреве ферромагнитной загрузки повышает электрический КПД $\eta_{эл}$ на 2-5% при нормальном уровне 75-85% и снижает реактивную мощность на 15-20%, а при нагреве алюминиевых и медных сплавов эти показатели составляют соответственно 5% и 10-12%.

В /3/ установлено, что при закалке одновитковым индуктором применение магнитопровода повышает его КПД в 2,5 раза. В /4/ при использовании внутренних магнитопроводов вследствие перераспределения мощности по сечению трубы достигнуто увеличение электрического КПД $\eta_{эл}$ в немагнитном режиме на 20-25%.

Применение магнитопровода /5/ в 10-20 раз снижает уровень внешних полей.

Один из наиболее существенных эффектов влияния магнитопроводов на индукционную систему заключается в резком перераспределении плотности тока по сечению одновиткового индуктора; в случае использования магнитопровода в

многовитковой системе этот эффект выражен слабее.

Многовитковая система характеризуется большим индуктивным сопротивлением и неравномерным распределением тока по виткам /1/. В качестве положительного эффекта следует назвать увеличение коэффициента мощности $\cos \varphi$ при внесении магнитопровода в систему индуктор-загрузка /6/. При определенной конфигурации магнитопровода существенно снижается ток в индукторе /6/, что позволяет увеличить мощность, передаваемую в нагрузку, без перегрева витков индуктора.

Во второй группе классификации необходимо выделить магнитопроводы, назначение которых – изменение магнитного потока – осуществляется путем их выполнения на индукторе с переменным зазором от него /7/. В /8/ показано, что настил тока в поверхностном слое индуктирующего витка распределяется пропорционально сопротивлению, которое в отдельных точках слоя зависит от плотности магнитного потока, вытекающего из полюсов наружного магнитопровода, имеющего волнообразный профиль. Известны индукционные устройства с магнитопроводами для нагрева ферромагнитных материалов, питаемые током промышленной частоты, приспособленные для поверхностной закалки стальных заготовок и даю-

щие значительный экономический эффект. В [9] экспериментально доказана возможность применения магнитопроводов, помещаемых внутрь соленоида, для формирования электромагнитного поля заданной конфигурации. Уменьшение полей рассеивания, снижение напряженности магнитного поля при использовании внешних магнитопроводов отражено в работе [10].

Специфическая особенность индукционных печей – наличие вблизи индуктора сильных магнитных полей – обуславливает известные затруднения при конструировании каркаса или кожуха индукционной печи, так как в металлических массах, находящихся в переменном магнитном поле, возникают вихревые токи, создающие активные потери энергии. Для снижения потерь в каркасе следует увеличить размеры каркаса в плане. Магнитный поток между индуктором и каркасом является тем же магнитным потоком Φ , который создается в полости индуктора, поток замыкается вне индуктора.

Поэтому напряженность магнитного поля вне индуктора приближенно определяется соотношением:

$$H_{\text{н}} \approx \Phi / (\mu Q_{\text{н}})$$

где $Q_{\text{н}}$ - поперечное сечение магнитного потока между индукто-

ром и каркасом или кожухом печи; μ - магнитная проницаемость среды в этой части потока.

Так как потери (активная энергия, поглощаемая в металле каркаса или кожуха) пропорциональны $H_{\text{н}}^2$, то для уменьшения их необходимо увеличить $Q_{\text{н}}$ (т.е. размеры каркаса в плане) или μ , иначе говоря, поместить вне индуктора магнитопровод из расслоенной трансформаторной стали.

В настоящее время размеры каркаса или кожуха в плане при отсутствии магнитопровода принимаются равными примерно утроенному диаметру индуктора.

Эти размеры можно заметно уменьшить, если применить внешний магнитопровод между каркасом или кожухом печи и индуктором, так как значительная часть магнитного потока вне индуктора будет проходить через магнитопровод.

В работе [11] рассмотрены конструкции, в частности форма и сечение магнитопроводов, и показано изменение удельных потерь при расположении листов магнитопровода под углом к линиям магнитной индукции.

Итак, обобщая классификацию применения магнитопроводов, можно подчеркнуть конкретность ситуаций применения магнитопроводов по их цели и влиянию на индукционную систему (рис. 1).

Применение криорезистивных

индукционных ЭТУ предполагает совершенствование традиционных обмоток индукторов и наличие криостата для этих обмоток, представляет научный и практический интерес при создании новых конструкций магнитопроводов для указанных ЭТУ с целью улучшения энергетических характеристик последних.

Рассмотрим известные конструкции внешних магнитопроводов для цилиндрической системы индуктор-загрузка.

В индукционных ЭТУ, особенно в установках промышленной частоты, часто используется магнитопровод, который обычно устанавливают непосредственно за индуктором и изготавливают (с целью снижения в нем электрических потерь) из листовой электротехнической стали. Для упрощения конструкции магнитопровод выполняют из отдельных шихтованных пакетов прямоугольной или близкой к ней формы (рис. 2).

Система И-3 и внешний магнитопровод: 1 – индуктор; 2 – загрузка; 3 – магнитопровод

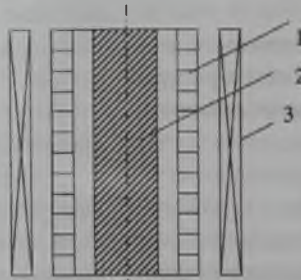


Рис. 2

Известны технические решения, когда пакет прямоугольного магнитопровода имеет небольшой торцевой выступ (рис. 3), который выполняет роль стяжки индуктора в осевом направлении.

Магнитопровод, имеющий волновой профиль (рис. 4), обеспечивает заданный настил тока индуцирующего витка. Магнитопровод переменного сечения (рис. 5) способствует изменению магнитного потока. Магнитопровод, представленный на рис. 6, позволяет повысить энергетические показатели и производительность нагревателя. Имеющиеся данные о приведенных конструкциях магнитопроводов дают возможность судить о специфике их применения. Создание индукторов с большим числом слоев и размещение их в криостате обуславливает необходимость поиска новых конструкций магнитопроводов для этих установок с целью улучшения их энергетических показателей.

Система И-3 и магнитопровод с торцевым выступом: 1 – индуктор; 2 – нагрузка; 3 – магнитопровод

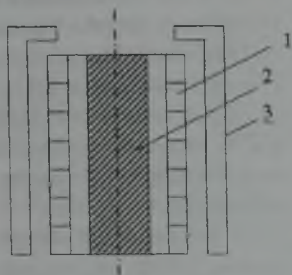


Рис. 3

Система И-3 с магнитопроводом волнового профиля: 1 – индуктор; 2 – нагрузка; 3 – магнитопровод

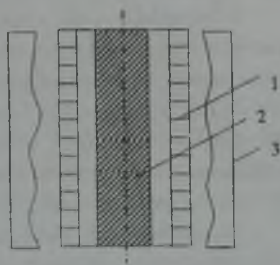


Рис. 4

Система И-3 с магнитопроводом переменного сечения: 1 – индуктор; 2 – нагрузка; 3 – магнитопровод

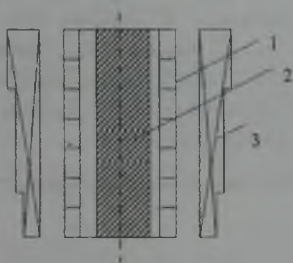


Рис. 5

Система И-3 и магнитопровод для нагрева ферромагнитных материалов: 1 – индуктор; 2 – нагрузка; 3 – магнитопровод

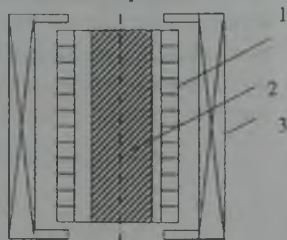


Рис. 6

ЛИТЕРАТУРА

1. Сальникова И.П. Исследование и разработка цилиндрических криореистивных индукторов с улучшенными энергетическими характеристиками. Диссертационная работа на соискание ученой степени канди-

дата технических наук. – М, 1984.

2. Немков В.С. Теория и расчет цилиндрических систем индукционного нагрева. Диссертационная работа на соискание ученой степени доктора технических наук. – Л, 1980.

3. Русинский И.П. Новое в практике индукционного нагрева. - М. -Машгиз, 1957.

4. Буканин В.А. Исследование и разработка индукционных устройств периодического действия для термообработки бурильных труб. Автореферат диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук. - М., 1982.

5. Северянин А.К. Исследование электромагнитных параметров многослойных индукторов промышленной частоты и разработка экономичных конструкций их обмоток. Автореферат диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Л., 1986.

6. Пронин А.М. Исследование и разработка методов расчета индукционных систем с магнитопроводами. Диссертационная работа на соискание ученой степени кандида-

та технических наук. - Л., 1983.

7. А.С. 984065 СССР, МКИ³Н 05 В 6/36. Способ индукционного методического нагрева ферромагнитных заготовок/ Исаев, Талаев// Открытия. Изобретения. БИ № 4. 1964.

8. А.С. 485156 СССР, МКИ³Н 05 В 6/36. Индуктор для нагрева изделий/ И.В.Егоров// Открытия. Изобретения. БИ № 18. -1968.

9. Кувалдин А.Б., Нечаев А.И., Лещева Е.В. Формирование электромагнитного поля внутри соленоидального индуктора/ Сб. науч. трудов. Вып. № 93. -М.: Моск. энерг. ин-т, 1986. -С.60-65.

10. Слухоцкий А.Е., Рыскин Е.Е. индуктора для индукционного нагрева. - Л.: Энергия. 1974.

11. Фомин Н.И., Затуловский Л.М. Электрические печи и установки индукционного нагрева. - М.: Металлургия, 1979.