

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.Қ. Алпысов

10-сынып геометриясын векторлық – координаталық негізде оқыту әдістемесі 22

Т. Сұлейменов

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

Ғ.М. Мұқанов

Жиын қуаты және трансфиниттер теориясының логикалық құралымы 41

*Ж.Қ. Шоманова, Р.Ж. Мұқанова,
Қ.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

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТОПРОВОДОВ И ИНДУКТОРОВ В КРИОРЕЗИСТИВНЫХ ИНДУКЦИОННЫХ УСТАНОВКАХ

О.Г. Потапенко, А.П. Кислов, В.П. Кислова

*Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова*

Криореэистивтік индукциялық қондырғыларды жасау қажеттілігі көрсетілген.

Показана целесообразность создания криореэистивных индукционных установок.

The efficiency of creation of crio-resistant inductive installations is pointed out here.

Формы индукторов, используемых для индукционного нагрева, весьма многообразны. Наиболее часто применяются цилиндрические индукторы. При исследовании процессов в цилиндрическом индукторе можно опираться на результаты, полученные в [1, 2, 3]. В настоящее время индукторы изготавливаются из немагнитного металла, как правило, многослойными. Вследствие необходимости изоляционного зазора между витками индуктора, действительная плотность тока в индукторе несколько выше расчетной (так как из общего сечения индуктора

исключаются сечения изоляционных зазоров), поэтому у многослойного индуктора потери не равны потерям в однослойном индукторе. В дальнейшем будем считать, что зазоры между витками малы и не влияют на распределение тока по сечению витка индуктора, а лишь увеличивают плотность тока в нем.

При использовании многослойных индукторов снижаются потери в индукторе за счет увеличения эффективного поперечного сечения проводника благодаря выравниванию плотности тока по сечению. Один из путей уменьшения электри-

ческих потерь в индукторе связан с использованием криоохлаждения проводников с целью снижения их удельного электрического сопротивления.

Целесообразность создания криорезистивных электротехнологических установок (ЭТУ) для индукционного нагрева обусловлена рядом особенностей индукционных ЭТУ: компактность индуктора, высокие единичные мощности, большие электрические потери, недостатки водоохлаждения, необходимость экономии меди, требование в определенных случаях повышения удельной поверхностной мощности и уменьшения длины индуктора.

Создание криорезистивных ЭТУ связано с решением ряда научно-технических задач. На современном этапе рассмотрены теоретические вопросы /4, 6/ по конструированию индукторов и выполнены оценки технико-экономических показателей криообеспечения /6/. Преимущество использования криорезистивных проводников в индукционных ЭТУ объясняется их низким удельным электрическим сопротивлением. Сверхчистые алюминий, медь и бериллий при криотемпературах 20-80 К имеют электрическое удельное сопротивление в 10-1000 раз соответственно меньше, чем медь при 300 К. На переменном токе электрические потери по отношению к их значению при 300 К сни-

жаются примерно в 3,3 раза при 80 К и в 33 раза при 20 К. Существенное дополнительное уменьшение электрических потерь в криорезистивном индукторе возможно при использовании многослойных индукторов вместо применяемых однослойных, а также при установке магнитопроводов.

Математическое моделирование многослойных индукторов позволило получить зависимость электрических и энергетических характеристик и электродинамических сил от геометрических параметров этих индукторов, однако практически не исследовалось влияние магнитопроводов на энергетические характеристики установок в целом. Был найден расчетный коэффициент снижения потерь и электрический КПД при нагреве алюминиевой загрузки в индукторе при 80 и 20 К в зависимости от числа слоев индуктора /7, 8/. Дальнейшие работы на опытно-промышленном стенде с азотным уровнем температур позволяют выявить резервы повышения энергетической и экономической эффективности криорезистивных ЭТУ.

Существенные результаты могут быть получены при использовании многослойных индукторов с установкой магнитопроводов различной конфигурации и различного сечения. Применение магнитопроводов в криорезистивных индукцион-

ных установках имеет ряд особенностей. Первая из них связана с наличием криостата и помещенного в нем в жидком азоте многослойного индуктора, что обуславливает трудности в размещении магнитопроводов и выборе их оптимального сечения. Поместить магнитопровод в криоагент нецелесообразно из-за отсутствия соответствующего материала, так как в последнем резко возрастут потери. Поэтому при разработке конструкций магнитопроводов необходимо учитывать специфику всей криорезистивной индукционной ЭТУ, в особенности наличие криостата. Требуется проведение специальных исследований для выбора оптимальной конструкции магнитопроводов с учетом организации охлаждения самого индуктора, наличия криостата.

Проведение теоретических и экспериментальных исследований показало, что применение криотемператур несколько ухудшает коэффициент мощности $\cos\varphi$ индуктора, однако это несущественно, так как потери реактивной мощности не изменяются, а уменьшается только активное сопротивление проводника за счет снижения его удельного электрического сопротивления.

С одной стороны, в криорезистивных установках при наличии криостата неизбежно увеличение внутреннего диаметра индуктора [9], что приводит к повышению реак-

тивной мощности.

Многослойность индуктора сказывается на перераспределении потерь в витках; неправильно подобранная геометрия и зазор между витками приводят к дополнительным потерям.

Наличие криостата для многослойного криорезистивного индуктора ставит перед проектантом установки определенную задачу разработки эффективной конструкции магнитопровода с учетом относительно короткой системы индуктор-загрузка и выбора места размещения этого магнитопровода. Здесь нужен поиск новых решений, так как традиционное размещение магнитопроводов для криорезистивных индукционных ЭТУ мало эффективно из-за удаления магнитопроводов от индуктора, размещенного в криостате.

На основании изложенного выше следует подчеркнуть, что при разработке ЭТУ для индукционного нагрева должны быть решены следующие технические вопросы:

- определение числа слоев, геометрических размеров и материала индуктора;
- выбор конструктивного исполнения криостата для индуктора;
- выбор конструктивного исполнения магнитопроводов и их размещения;
- расчет основных элементов криосистемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основные задачи экономического и социального развития страны на 1986-1990 гг. и на период до 2000 г. - М.: Политиздат, 1986.
 2. Донской А.В., Ратников Д.Т. Электрические параметры и энергетические характеристики индукционных нагревателей полых цилиндров// Электричество. -1963. - № 2. -С.27-30.
 3. Слухоцкий А.Е., Рыскин Е.Е. Индукторы для индукционного нагрева. - Л.: Энергия, 1974.
 4. Вайнберг А.М. Индукционные плавильные печи. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1967.
 5. Перспективы применения криогенной техники в электротермии/ Григорьев В.А., Соколов М.М., Бродянский В.М., Кувалдин А.Б.// Электротехническая промышленность. Сер. Электротермия, 1980. -Вып.209. -С.9-11.
 6. 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.
 7. Тозони О.В. Метод вторичных источников в электротехнике. - М.: Энергия, 1975.
 8. Тозони О.В. Расчет электромагнитных полей на вычислительных машинах. -Киев, 1967.
 9. Демирчян К.С. Моделирование магнитных полей. - М.: Энергия, 1974.
-