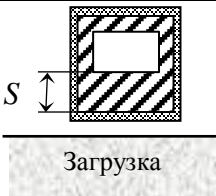


**Институт электротехники****Направление подготовки** 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника**Магистерская программа** Электротехнологические процессы и установки с системами питания и управления**Банк заданий по профильной части вступительного испытания в магистратуру**

<b>Задание №1 – задача (50 баллов)</b>	
<i>Задачи по теме «Основы теплопередачи в электротермических установках»</i>	
1.1	<p>Стенка температурой 60°C охлаждается путем естественной конвекции воздухом температурой 20°C. Какая тепловая мощность отводится от стенки, если коэффициент теплоотдачи равен 10 Вт/(м<sup>2</sup>·°C), а площадь поверхности стенки 1,5 м<sup>2</sup>? Как изменится (увеличится, уменьшится или останется неизменным) коэффициент теплоотдачи, если установить вентилятор, обеспечивающий принудительный обдув стенки воздухом?</p> <p><b>Ответ:</b> 600 Вт; увеличится.</p>
1.2	<p>Рассчитайте плотность теплового потока (тепловых потерь) через плоскую двухслойную футерованную стенку электропечи температуру на границе раздела слоев футеровки. При расчете пренебречь зависимостью теплопроводности футеровочных материалов от температуры.</p> <p><b>Исходные данные:</b> огнеупорный слой – шамотный кирпич класса А (толщина <math>S_1=460</math> мм, теплопроводность <math>\lambda_1=1,34</math> Вт/(м·°C)); теплоизоляционный слой – диатомит марки Д-500 (толщина <math>S_2=230</math> мм, теплопроводность <math>\lambda_2=0,20</math> Вт/(м·°C)); температура печи (внутренней поверхности футеровки) 1150°C; температура кожуха печи 50°C.</p> <p><b>Ответ:</b> плотность теплового потока 736 Вт/м<sup>2</sup>; температура на границе слоев 897°C.</p>
1.3	<p>Рассчитайте плотность теплового потока (тепловых потерь) через плоскую однослойную футерованную стенку электропечи, температуру внутренней поверхности футеровки и температуру кожуха печи. Теплообмен между стенкой и средой (воздухом) внутри и снаружи печи считается чисто конвективным. При расчете пренебречь зависимостью теплопроводности футеровочных материалов от температуры.</p> <p><b>Исходные данные:</b> материал футеровки – минеральная вата (толщина <math>S=150</math> мм, теплопроводность <math>\lambda=0,096</math> Вт/(м·°C)); температура среды внутри и снаружи печи соответственно 400°C и 20°C; коэффициент теплоотдачи конвекцией для внутренней поверхности футеровки 40 Вт/(м<sup>2</sup>·°C), для наружной 10 Вт/(м<sup>2</sup>·°C).</p> <p><b>Ответ:</b> плотность теплового потока 225 Вт/м<sup>2</sup>; температура внутренней поверхности футеровки 394°C, температура кожуха 43°C.</p>
1.4	<p>Загрузка выпуклой формы площадью поверхности 1 м<sup>2</sup> находится в камере печи, площадь внутренней поверхности футеровки которой составляет 2,5 м<sup>2</sup>. Степень черноты загрузки 0,8, стенки печи 0,9. Рассчитайте значение приведенного коэффициента теплообмена излучением между стенкой и загрузкой.</p> <p><b>Ответ:</b> 4,38 Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>)</p>
1.5	<p>Нагрев загрузки в электропечи сопротивления происходит при постоянном тепловом потоке на поверхности, имеет место регулярный режим. Скорость нагрева загрузки составляет 5°C/с, перепад температуры по сечению загрузки (разность температур поверхности и центра) 6,5°C. Каким будет перепад температуры по сечению, если при прочих равных условиях скорость нагрева снизится (вследствие снижения температуры печи) до 2,5°C/с?</p> <p><b>Ответ:</b> 3,25°C</p>

*Задачи по теме «Установки индукционного и диэлектрического нагрева»*

1.6	<p>Рассчитайте глубину проникновения электромагнитной волны в материал (алюминий) при индукционном нагреве. Целесообразно ли использовать указанную частоту тока <math>f</math> при нагреве алюминиевой цилиндрической заготовки радиусом <math>R=15</math> мм под пластическую деформацию.</p> <p><b>Исходные данные:</b> частота тока <math>f=50</math> Гц; удельное электрическое сопротивление алюминия (при конечной температуре нагрева <math>550^{\circ}\text{C}</math>) <math>\rho=8,7 \cdot 10^{-7}</math> Ом·м.</p> <p><b>Ответ:</b> 66 мм; нецелесообразно (низкий КПД)</p>
1.7	<p>Рассчитайте глубину проникновения электромагнитной волны в материал (углеродистую сталь) при индукционном нагреве. Целесообразно ли использовать указанную частоту тока <math>f</math> при нагреве стальной детали под закалку, если глубина закаленного слоя должна составлять 4 мм.</p> <p><b>Исходные данные:</b> частота тока <math>f=8</math> кГц; удельное электрическое сопротивление стали (при конечной температуре нагрева <math>900^{\circ}\text{C}</math>) <math>\rho=7,5 \cdot 10^{-7}</math> Ом·м.</p> <p><b>Ответ:</b> 4,9 мм; целесообразно</p>
1.8	<p>Активная мощность, потребляемая установкой индукционного нагрева, работающей на частоте 50 Гц, составляет 25 кВт. Установка работает с <math>\cos\varphi=0,3</math>. Определите значение емкости конденсаторной батареи (подключенной параллельно индуктору), обеспечивающей компенсацию реактивной мощности до уровня <math>\cos\varphi=0,96</math>, если напряжение питания индуктора составляет 500 В.</p> <p><b>Ответ:</b> 1010 мкФ</p>
1.9	<p>Цилиндрический индуктор установки индукционного нагрева, работающей на частоте 50 Гц, изготовлен из медной неравностенной трубки (см. рис.). Определите толщину стенки трубки, обращенной к загрузке, <math>S</math>, из соображений минимума потерь в индукторе. Выбор толщины стенки подтвердите расчетом.</p> <div style="text-align: right;">  </div> <p><b>Ответ:</b> 13 мм</p>
1.10	<p>Рассчитайте частоту тока индуктора индукционной тигельной печи, потребную для плавки 40 кг стали (удельное сопротивление в жидком состоянии <math>1,4 \cdot 10^{-6}</math> Ом·м, плотность в жидком состоянии <math>6550</math> кг/м<sup>3</sup>). Подберите ближайшую частоту из стандартного ряда.</p> <p><b>Ответ:</b> <math>f \geq 1130</math> Гц, из стандартного ряда выбираем 2400 Гц</p>

**Пример выполнения Задания 1.3**

Плотность теплового потока через стенку с учетом конвективного теплообмена со средой

$$q = \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}}{\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{S}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}},$$

где  $t_{\text{вн}}$ ,  $t_{\text{н}}$  – температура среды (воздуха) внутри и снаружи печи,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $S$  – толщина однослойной стенки, м;  $\lambda$  – теплопроводность материала стенки, Вт/(м· $^{\circ}\text{C}$ );  $\alpha_{\text{вн}}$ ,  $\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент теплоотдачи конвекцией для внутренней и наружной поверхностей футеровки, Вт/(м<sup>2</sup>· $^{\circ}\text{C}$ ).

$$q = \frac{400 - 20}{\frac{1}{40} + \frac{0,15}{0,096} + \frac{1}{10}} = \frac{380}{0,025 + 1,563 + 0,1} = 225 \text{ Вт/м}^2.$$

Температура внутренней поверхности футеровки

$$t' = t_{\text{вн}} - q \cdot \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}},$$

$$t' = 400 - 225 \cdot 0,025 = 394^{\circ}\text{C}$$

Температура кожуха печи

$$t'' = t_H + q \cdot \frac{1}{\alpha_H},$$
$$t' = 20 + 225 \cdot 0,1 = 43^\circ\text{C}.$$

### Пример выполнения Задания 1.10

Объем жидкого металла в тигле

$$V = G/\gamma_{\text{ж}},$$

где  $G$  – емкость печи, кг;  $\gamma_{\text{ж}}$  – плотность расплава, кг/м<sup>3</sup>.

$$V = 40/6550 = 0,0061 \text{ м}^3.$$

Внутренний диаметр тигля

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{4}{\pi} \cdot 0,7V_T},$$

где 0,7 – соотношение внутреннего диаметра тигля к высоте металла в тигле.

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{4}{3,14} \cdot 0,7 \cdot 0,0061} = 0,176 \text{ м}.$$

Частота тока индуктора определяется из условия  $\frac{d_0}{\Delta_{\text{э гор}}} \geq 10$ , где  $\Delta_{\text{э гор}}$  – глубина проникновения электромагнитной волны в горячий жидкий металл. Упрощенное выражение для расчета частоты

$$f \geq 25 \cdot 10^6 \rho_{\text{ж}}/d_0^2,$$

где  $\rho_{\text{ж}}$  – удельное электрическое сопротивление жидкого металла, Ом·м.

$$f \geq 25 \cdot 10^6 \cdot 1,4 \cdot \frac{10^{-6}}{0,176^2} = 1130 \text{ Гц}.$$

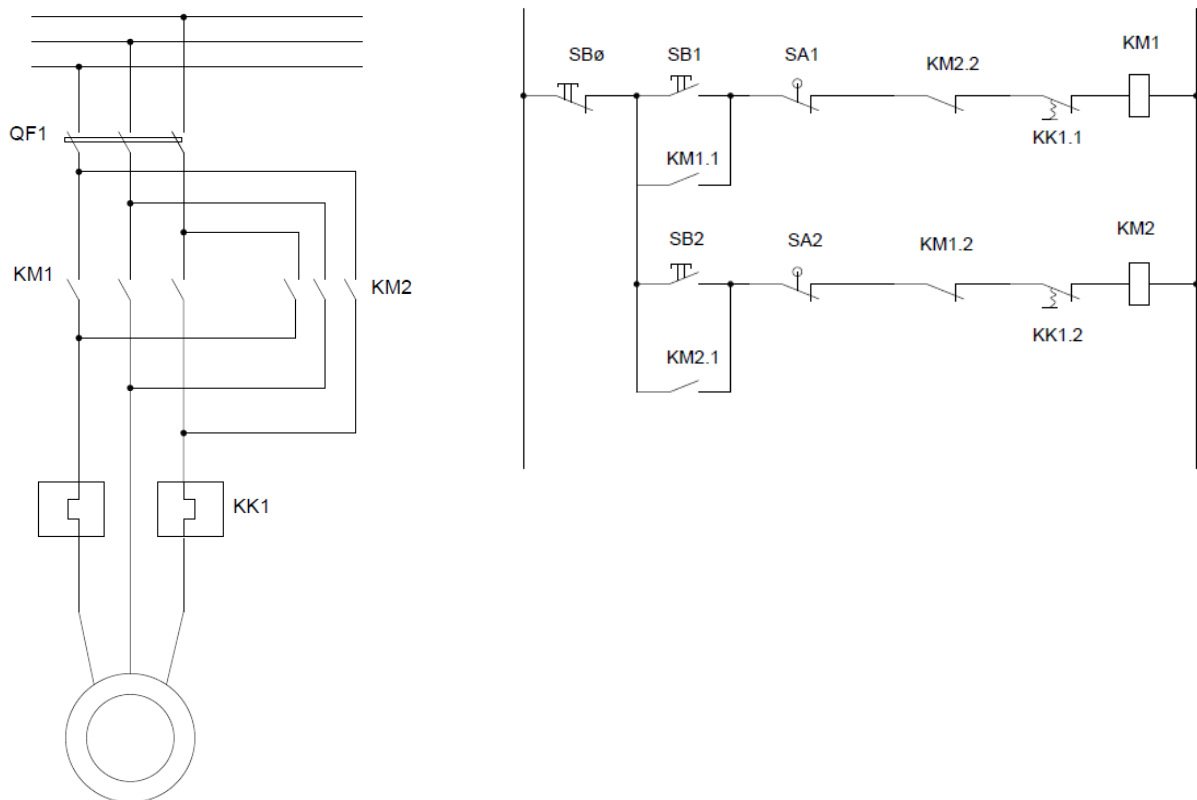
Из стандартного ряда выбираем ближайшую частоту **2400** Гц.

### **Задание №2 – задача (50 баллов)**

2.1	Составьте схему электрическую принципиальную питания и управления транспортным механизмом электротермической установки, состоящим из двух последовательно расположенных конвейеров, приводимых в движение асинхронными двигателями. Схема должна обеспечивать включение и выключение механизма (по нажатию соответствующих кнопок), защиту от короткого замыкания и перегрузок по току и блокировку, делающую невозможным движение первого конвейера при неподвижном втором конвейере.
2.2	Составьте схему электрическую принципиальную системы двухпозиционного регулирования температуры электропечи сопротивления. В качестве регулирующего устройства необходимо использовать микропроцессорный регулятор температуры с релейным выходом.
2.3	Составьте схему электрическую принципиальную питания и управления

	приводом двери электропечи. Схема должна обеспечивать открывание и закрывание двери (по нажатию соответствующих кнопок), остановку двери в любой момент (при нажатии кнопки «Стоп») и автоматическую остановку двери в крайних положениях (при срабатывании конечных выключателей).
2.4	Составьте схему электрическую принципиальную системы непрерывного регулирования температуры электропечи сопротивления с тиристорным регулятором напряжения в качестве исполнительного устройства. В качестве регулирующего устройства необходимо использовать микропроцессорный регулятор температуры со встроенным модулем импульсно-фазового управления.
2.5	Составьте схему электрическую принципиальную (упрощенную) установки индукционной тигельной печи промышленной частоты. Питание должно осуществляться от трехфазной сети 6 (10) кВ. через понижающий трансформатор. Предусматриваются симметрирующее устройство и устройство компенсации реактивной мощности. Должна быть предусмотрена возможность регулирования режима (мощности) и коэффициента мощности. На схеме необходимо показать коммутационные устройства, элементы устройств симметрирования и компенсации реактивной мощности, а также (функциональными блоками) датчики и регулирующие устройства.

### Пример выполнения Задания 2.3



Условные обозначения на схеме:

QF1 – автоматический выключатель

KM1 – контактор, подключающий двигатель для открывания двери

KM2 – контактор, подключающий двигатель для закрывания двери

(вспомогательные контакты KM1.2, KM2.2 обеспечивают блокировку от одновременного включенного состояния KM1 и KM2, то есть от глухого межфазного короткого замыкания)

KK1 – тепловое реле

SB0 – кнопка «СТОП»

SB1 – кнопка «ОТКРЫТЬ ДВЕРЬ»

SB2 – кнопка «ЗАКРЫТЬ ДВЕРЬ»

SA1 – конечный выключатель, срабатывающий в крайнем (открытом) положении двери

SA1 – конечный выключатель, срабатывающий в крайнем (закрытом) положении двери