

случае внутр. относительный кпд несколько ниже электрич. кпд. Оптимальное значение этого параметра для плазменного М. г. с большим срабатыванием темп-ры $\sim 0,7$; оно характеризует затраты энергии в термодинамич. цикле на сжатие рабочего тела.

Коэф. преобразования энергии в М. г. — это отношение произведённой электрич. энергии к энергии, подведённой к рабочему телу в плазменном М. г. или к пару жидкого металла в энергетич. установках с жидкометаллич. М. г. Этот результирующий показатель оценивается на уровне 0,1 для плазменных мобильных, автономных энергетич. МГД-установок, 0,25 — для крупных М. г. комбинир. теплоэлектрич. станций и 0,1 — для жидкометаллических.

Конструкция М. г. и организация течения в канале оказывают существенное влияние на характеристики М. г., прежде всего плазменных. Продольный холловский ток, возникающий при резкой неоднородности проводимости в потоке, вследствие несовершенства электроизоляции, при недостаточно тонком продольном секционировании электродов и, в частности, из-за межэлектродного холловского пробоя, вызывает резкое снижение эффективной проводимости, а следовательно, и мощности. Осн. неоднородности в течение вносят пограничные слои, развивающиеся на стенках М. г. и имеющие тенденцию к «отрыву» при сильном торможении потока. В кондукц. М. г. в «холодной» области приэлектродного пограничного слоя возникает контррация тока, она сопровождается значит. падением напряжения и повышенной электродуговой эрозией электродов. С целью повышения эффективности М. г. за счёт снижения тепловых потерь на стенке и устранения дуговых явлений на электродах ведутся исследования и разработки «горячих» керамич. стенок с темп-рой ~ 2000 К.

Отсутствие в М. г. и устройствах нагрева рабочего тела (камере сгорания, теплообменных аппаратах регенеративного типа с неподвижной насадкой) движущихся механически нагруженных высокотемпературных элементов конструкции, а также возможность охлаждения стенок позволяют использовать М. г. в высокотемпературных циклах энергетич. установок для преобразования энергии с высоким кпд. Однако из-за резкого снижения эффективности плазменных М. г. при понижении темп-ры они используются в качестве высокотемпературной ступени бинарного цикла в составе комбинир. теплоэлектростанций (ТЭС) (в качестве надстройки к традиц. паросиловой установке).

Применение М. г. Для энергетики, базирующейся на использовании органич. топлива, перспективны и разрабатываются М. г. на плазме продуктов сгорания, применение к-рых в составе комбинированных МГД ТЭС открытого цикла даёт существ. экономия топлива и решает ряд экологич. проблем (уменьшение вредных выбросов, экономия охлаждающей воды). Опытнo-промышленные разработки и исследования ведутся на МГД-установках У-25 (Москва) на газе и МО-10, МО-25 (Кохтла-Ярве, Эст.ССР) на угле соответственно тепловой мощностью ~ 150 и до 25 МВт. Макс. электрич. мощность У-25 составляет ~ 20 МВт. Разработаны также автономные МГД-установки кратковрем. действия мощностью неск. десятков МВт на продуктах сгорания спец. твёрдых топлив, используемые для прогнозирования землетрясений методом периодич. глубинных зондирований земной коры, для геофиз. разведки полезных ископаемых и др.

М. г. замкнутого цикла (т. е. с внеш. подводом и отводом теплоты к рабочему телу), плазменные и (или) жидкометаллические, могут работать в энергетич. установках с газоохлаждаемым высокотемпературным ядерным реактором. В плазменных М. г. замкнутого цикла, работающих на неравновесной плазме, благодаря снижению темп-ры упрощается ряд технологич. проблем их конструкции. Разрабатываются также МГД-

установки замкнутого цикла, использующие тепло продуктов сгорания традиционных энергетич. топлив.

Исследования и разработки М. г. широко развёрнуты в СССР, США, Японии, Нидерландах, Индии и др. странах. В США эксплуатируется опытная МГД-установка на угле тепловой мощностью ≥ 50 МВт.

Лит.: Роза Р., Магнитогазодинамическое преобразование энергии, пер. с англ., М., 1970; Магнитогазодинамическое преобразование энергии. Открытый цикл. Совместное советско-американское издание, под ред. Б. Я. Шумяцкого, М. Петрика, М., 1979; Магнитогазодинамическое преобразование энергии. Физико-технические аспекты под ред. В. А. Кириллина, А. Е. Шейндлина, М., 1983. В. И. Ковбасюк.

МАГНИТОДВИЖУЩАЯ СИЛА (намагничивающая сила) — величина, характеризующая магн. действие электрич. тока. Вводится в электротехнике для магнитных цепей по аналогии с электродвижущей силой в электрич. цепях. М. с. F равна циркуляции вектора напряжённости магн. поля H по замкнутому контуру L , охватывающему электрич. токи, к-рые создают это магн. поле:

$$F = \oint_L H dl = \oint_L H_i dl = \sum_{i=1}^n I_i$$

(в ед. СИ). Здесь H_i — проекция H на направление элемента контура интегрирования dl , n — число проводников (витков) с током I_i , охватываемых контуром. Единица М. с. в Международной системе единиц (СИ) — ампер (или ампер-виток), в СГС системе единиц (симметричной) — гильберт.

МАГНИТОДРЕЙФОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ — см. Изгибное излучение.

МАГНИТОВУКОВЫЕ ВОЛНЫ — низкочастотные (с частотой ниже ионной циклотронной) продольные эл.-магн. волны, распространяющиеся в замагниченной плазме поперёк направления внеш. магн. поля. В М. в. вещество перемещается вдоль направления распространения. Механизм явления аналогичен обычному звуку и заключается в сжатии и расширении вещества вместе с замороженным в него магн. полем; поэтому в определении скорости М. в. надо учитывать не только газовое, но и магнитное давление. Скорость распространения М. в. равна скорости альвеновских волн. Подробнее см. Волны в плазме.

МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ — изменение темп-ры магн. вещества (магнетика) при его адиабатич. намагничивании (размагничивании). В условиях адиабатичности (см. Адиабатический процесс) магнетик не поглощает и не отдаёт теплоту ($\delta Q=0$), поэтому энтропия S магнетика не меняется: $dS=\delta Q/T=0$. При объяснении М. э. в рамках термодинамики [1] энтропию рассматривают как ф-цию темп-ры T , давления p и напряжённости H внеш. магн. поля, $S=S(T, p, H)$, откуда в условиях адиабатичности

$$dS = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_{p, H} dT + \left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_{T, H} dp + \left(\frac{\partial S}{\partial H}\right)_{T, p} dH = 0.$$

При постоянном давлении ($p=\text{const}$) $dp=0$ и $(\partial S/\partial T)_{p, H} dT + (\partial S/\partial H)_{T, p} dH = 0$. В записи для конечных изменений величин

$$\Delta T = - \frac{(\partial S/\partial H)_{T, p}}{(\partial S/\partial T)_{p, H}} \Delta H. \quad (1)$$

Соотношение (1) позволяет найти зависимость ΔT от ΔH , если раскрыть значение входящих в него частных производных. Производная $(\partial S/\partial T)_{p, H} = C_{p, H}/T$, где $C_{p, H}$ — теплоёмкость магнетика. Производная $(\partial S/\partial H)_{T, p}$ может быть преобразована на основе соотношения взаимности частных производных внутр. энергии магнетика: $(\partial S/\partial H)_{T, p} = (\partial M/\partial T)_{p, H}$, где M — намагниченность. Т. о.,

$$\Delta T = - \frac{(\partial M/\partial T)_{p, H}}{C_{p, H}/T} \Delta H. \quad (2)$$