

Тема 2

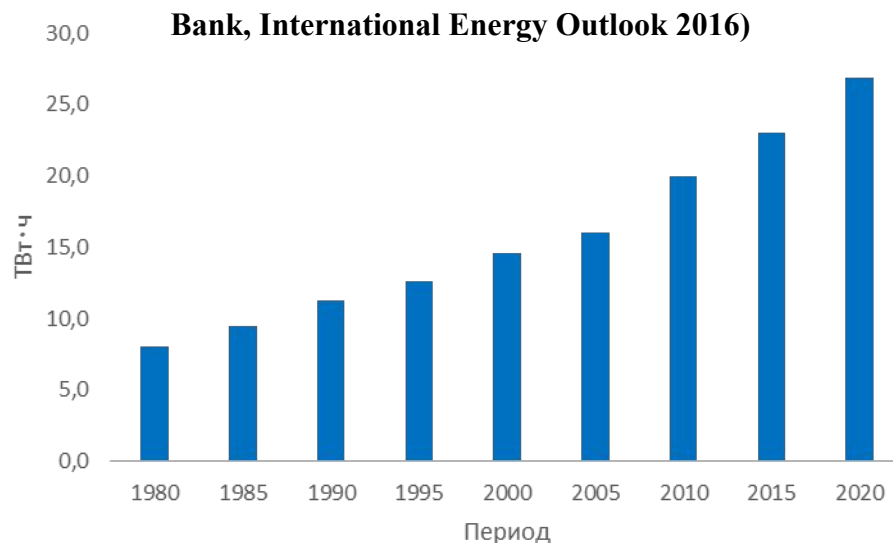
Магнитомягкие материалы для
устройств преобразующих
электромагнитную энергию

Тенденции развития энергетики и энергетического машиностроения

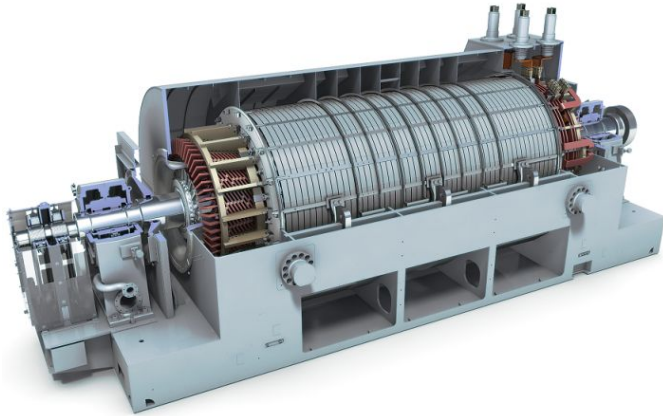
- Ежегодный мировой прирост потребления электроэнергии в 2016-2022 прогнозируется на уровне 2,1%, ключевым факторами являются рост населения и урбанизация.
- Ключевые регионы роста - Индия и Китай
- Рост спроса на электроэнергию будет стимулировать потребность в электроэнергетическом оборудовании.
- Другие факторы:
 - необходимость повышения эффективности энергетической инфраструктуры в соответствии с новыми стандартами по энергоэффективности Европы и США
 - замещение мощностей генерации электроэнергии от традиционных источников (ископаемые источники и атомная энергетика) на возобновляемые (ветер, солнце и проч.).

- Несмотря на то, что в последние тридцать лет производство электроэнергии удвоилось, неравномерность ее потребления сохранилась, что является стимулом для наращивания мощностей генерирующих компаний, а также средств для передачи, распределения и потребления энергии главным образом в густонаселенных развивающихся регионах.

Оценка потребления электроэнергии в мире (Источник: World

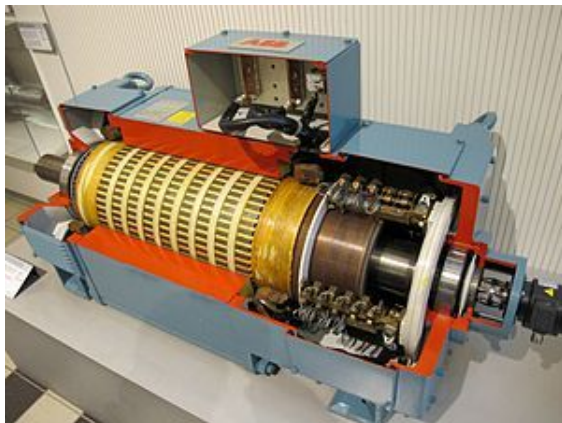


Регион	кВт·ч/чел в год	
	2015	2040
Северная Америка	13230	16552
Китай	3927	6602
Европа	3083	4585
Юго-восточная Азия	~ 3000	4585
Африка	2906	5657
Южная Америка	2122	3234
Индия	805	1813
Мир	3144	4675



Преобразование механической или тепловой энергии в электрическую энергию (генерация). Большинство генераторов переменного тока используют вращающееся магнитное поле. Принцип действия генератора основан на законе электромагнитной индукции – индуцирование электродвижущей силы в прямоугольном контуре (проволочной рамке), находящейся в однородном вращающемся магнитном поле.

Чем больше количества энергии необходимо передать и чем больше расстояние, тем выше должно быть напряжение. Трансформатор – аппарат, который преобразует или трансформирует электрическую энергию с одного напряжения на другое. Значительная часть энергии теряется в самом железном сердечнике, так как перемагничивание сердечника требует ее затраты. Поэтому сердечник должен делаться из специальной стали в виде тонких листов.



Электрический двигатель (электромеханический преобразователь) – электрическая энергия преобразуется в механическую. В основу работы любой электрической машины положен принцип электромагнитной индукции. Электрическая машина состоит из неподвижной части – статора или индуктора (для машин постоянного тока) и подвижной части – ротора или якоря (для машин постоянного тока).

Производство, преобразование и передача электроэнергии

- В основу работы электрических машин положен принцип электромагнитной индукции. Всякое изменяющееся магнитное поле вызывает в проводниках, находящихся в этом магнитном поле, напряжение и при замкнутой цепи – электрический ток. Таким образом в таких устройствах должен использоваться хороший проводник магнитного потока (магнитопровод из ферромагнитного материала).

- Требования к материалам для устройств преобразующих электромагнитную энергию:

1. **Легкость намагничивания и перемагничивания (т.е. высокие значения магнитной проницаемости);**
2. **Высокие значения магнитной индукции;**
3. **Минимальные потери при перемагничивании.**

Выполнение первых двух требований определяет размеры и вес электрических обмоток и магнитопроводов. Минимальные потери на перемагничивание определяют КПД устройств и их рабочую температуру.

- Для минимизации потерь используют **магнитомягкие** ферромагнитные материалы:

- с высокой и узкой петлей гистерезиса;
- с минимальным количеством дефектов кристаллического строения;
- с высоким электрическим сопротивлением R , которое обеспечивается высоким удельным электросопротивлением ρ и малой толщиной h (набор из тонких пластин, изолированных друг от друга);
- благоприятной текстурой.



- Следуя общемировой тенденции индустриализации развивающихся стран: энергетическое машиностроение будет прирастать, главным образом, в азиатских странах (Китай, Индия, Тайвань, Таиланд, Вьетнам, Индонезия).
- В 2011 году, на долю азиатских стран приходилось более 60 % производства трансформаторов, генераторов и другого оборудования, используемого при строительстве объектов энергетики, что является гарантией ускоренного сокращения отставания этих стран во всех сферах деятельности. В перспективе эти тенденции будут нарастать, тем более, что страны Юго-Восточной и Восточной Азии оснащены современным энергооборудованием и технологически вполне современны.
- В период 2007-2012 гг. в Китае, Японии, Южной Корее введены дополнительные мощности по производству электротехнической анизотропной стали на 350-400 тыс. тонн в год и электротехнической изотропной стали на 2-2.5 млн. тонн в год. В настоящее время (2012 год) на азиатском континенте производится до 62 % электротехнических сталей и в ближайшие два-три года ожидается ввод новых мощностей.

- Центральной проблемой дальнейшего развития энергетики является проблема энергосбережения, как на стадии выработки электроэнергии, так и в процессе ее использования. Сейчас в магнитопроводах электрооборудования теряется до 7 % вырабатываемой энергии, что в мировых масштабах составляет ~ 1.5 млн. ГВт в год. Из них:
 - ~ 15 % – генерация,
 - ~ 20 % – передача,
 - ~ 25 % – распределение,
 - ~ 40 % – потребление электроэнергии.
- Разработка и применение магнитомягких материалов с пониженными удельными потерями в энергомашиностроении остается сейчас одним из основных способов энергосбережения.
- В настоящее время наиболее распространенными материалами для изготовления магнитопроводов электрических машин (генераторов и электродвигателей) и трансформаторов являются электротехнические стали.

Материалы, используемые в устройствах преобразующих электромагнитную энергию

1. Электротехнические стали

- В настоящее время наиболее распространенными материалами для изготовления магнитопроводов электрических машин и трансформаторов являются **электротехнические стали (98,5% всех производимых магнитомягких материалов)**:

- 1) Электротехнические изотропные (динамные) стали;
- 2) Электротехнические анизотропные (трансформаторные) стали;
- 3) Электротехнические релейные стали.

Традиционно они изготавливаются на основе сплавов **железа с кремнием** (до 3.5 % Si).

- Применение электротехнических сталей:

- Электротехнические анизотропные (трансформаторные) стали используются для изготовления магнитопроводов трансформаторов, работающих при низких частотах, где **направление магнитного потока неизменно**;

- Электротехнические изотропные (динамные) стали используются в магнитопроводах электрических машин, где **магнитный поток либо вращается, либо охватывает все направления в плоскости листа**;

- Электротехнические релейные стали (далее отдельно не рассматриваются) применяются в качестве материалов для **электромагнитных реле** (пускателей и т.п.) и представляют из себя особочистые низколегированные стали (основное требование – низкая коэрцитивная сила). Нелегированные динамные стали могут использоваться как релейные.

Материалы, используемые в устройствах преобразующих электромагнитную энергию (продолжение)

2. Аморфные и нанокристаллические магнитомягкие сплавы

- Из-за особенностей получения и способов формирования оптимальных магнитных свойств в особую группу выделяют **аморфные и нанокристаллические магнитомягкие сплавы**, которые к настоящему времени составляют серьезную конкуренцию электротехническим сталям. Это обусловлено низкими суммарными потерями, которые в лучших сплавах на порядок ниже, чем у кремнистых электротехнических сталей.

Спасибо за внимание!