Министерство высшего образовани Россиской Федерации

КГТУ

Кафедра: ЭС и С

РЕФЕРАТ

Тема: теплоэнергитические генераторы и радиоизотопные источники энергии

Разработал: ст-т гр. ЭМ13-2 Семенюка А. В

Проверил: преподаватель Таюрский В. М.

г. Красноярск, 2003 г.

План

1. Термоэлектрические генераторы

1.1. Об­щие све­де­ния о тер­мо­элек­три­че­ских ге­не­ра­то­рах

* 1. Фи­зи­че­ские ос­но­вы ра­бо­ты тер­мо­элек­три­че­ских ге­не­ра­то­ров
	2. Ба­та­реи тер­мо­элек­три­че­ских эле­мен­тов

2 Радиоизотопные источники энергии

* 1. Об­щие све­де­ния

 2.2 Облости применения

 2.3 Радиоизотопные термоэлектрические генераторы (ритэги*)*

1. Термоэлектрические генераторы

*1.1 Об­щие све­де­ния о тер­мо­элек­три­че­ских ге­не­ра­то­рах*

Тер­мо­элек­три­че­ские ге­не­ра­то­ры (ТЭГ) пред­став­ля­ют со­бой по­лу­про­вод­ни­ко­вые тер­мо­па­ры и пред­на­зна­че­ны для пря­мо­го пре­об­ра­зо­ва­ния те­п­ло­вой энер­гии в элек­тро­энер­гию. они ис­поль­зу­ют­ся в пе­ре­движ­ных АЭУ , пи­таю­щих труд­но­дос­туп­ные объ­ек­ты, ко­то­рые мон­ти­ру­ют­ся в от­да­лен­ных рай­онах Зем­ли (ав­то­ма­ти­че­ские ме­тео­стан­ции, мор­ские мая­ки и т.п.). В пер­спек­ти­ве та­кие объ­ек­ты мо­гут мон­ти­ро­вать­ся на Лу­не или на дру­гих пла­не­тах. В ка­че­ст­ве ис­точ­ни­ков те­п­ла для под­во­да к го­ря­чим спа­ям ТЭГ : ра­дио­ак­тив­ные изо­то­пы (РИ­ТЭГ), ядер­ные ре­ак­то­ры (ЯР­ТЭГ), сол­неч­ные кон­цен­тра­то­ры раз­лич­но­го ис­пол­не­ния (СТЭГ). Ори­ен­ти­ро­вочно при­ни­ма­ют, что при элек­тричес­ких мощ­но­стях от 1 до 10 кВт на КЛА це­ле­со­об­раз­ны РИ­ТЭГ и СТЭГ, а при по­вы­шен­ных уров­нях мощ­но­сти - ЯР­ТЭГ. По­след­ние наи­бо­лее пер­спек­тив­ны для АЭУ КЛА.

 Дос­то­ин­ст­ва ТЭГ: боль­шой срок служ­бы, вы­со­кая на­деж­ность, ста­биль­ность па­ра­мет­ров, виб­ро­стой­кость. Не­дос­тат­ки ТЭГ: не­вы­со­кие от­но­си­тель­ные энер­ге­тичес­кие по­ка­за­те­ли: удель­ная мас­са 10-15 кг/кВт, по­верх­но­ст­ная плот­ность мощ­но­сти 10 кВт/м (на еди­ни­цу по­пе­речно­го се­че­ния эле­мен­та ), объ­ем­ная плот­ность мощ­но­сти 200-400 кВт/м3 и срав­ни­тель­но низ­кий КПД пре­об­ра­зо­ва­ния энер­гии (5-8%). При­ме­ни­тель­но к ЛА ТЭГ пред­став­ля­ют со­бой ба­та­реи крем­не-гер­ма­ние­вых тер­мо­элек­тричес­ких эле­мен­тов (ТЭЭ), ко­то­рые по мат­рично­му прин­ци­пу со­еди­не­ны в вет­вях по­сле­до­ва­тель­но, а вет­ви мо­гут иметь ме­ж­ду со­бой па­рал­лель­ные со­еди­не­ния. Ба­та­реи ТЭЭ за­ключены с гер­ме­тичные кон­тей­не­ры, за­пол­нен­ные инерт­ным га­зом во из­бе­жа­ние окис­ле­ния и ста­ре­ния по­лу­про­вод­ни­ков. Пло­ские или ци­лин­д­ричес­кие кон­ст­рук­ции ТЭГ снаб­жа­ют­ся уст­рой­ст­ва­ми для под­во­да те­п­ла на го­рячих спа­ях и для его от­во­да на "хо­лод­ных" спа­ях по­лу­про­вод­ни­ко­вых тер­мо­стол­би­ков. Кон­ст­рук­ция си­ло­вых элек­тро­вы­во­дов ТЭГ долж­на обес­печивать од­но­вре­мен­но тер­мо­плот­ность и элек­тричес­кую изо­ля­цию от кор­пу­са (кон­тей­не­ра), что пред­став­ля­ет дос­та­точно слож­ную тех­ничес­кую за­дачу.

*1.2 Фи­зи­че­ские ос­но­вы ра­бо­ты тер­мо­элек­три­че­ских ге­не­ра­то­ров*

 В ос­но­ве дей­ст­вия лю­бо­го ТЭЭ ле­жат об­ра­ти­мые тер­мо­элек­тричес­кие эф­фек­ты Пель­тье, Том­со­на (Кель­ви­на) и Зебе­ка. Оп­ре­де­ляю­щая роль в ТЭГ при­над­ле­жит эф­фек­ту тер­мо-ЭДС (Зе­бе­ка). Пре­об­ра­зо­ва­ние энер­гии со­про­во­ж­да­ет­ся не­об­ра­ти­мы­ми (дис­си­па­тив­ны­ми) эф­фек­та­ми: пе­ре­дачей те­п­ла за счет те­п­ло­про­вод­но­сти ма­те­риа­ла ТЭЭ и про­те­ка­нии то­ка. Ма­те­риа­лы ТЭЭ с при­ме­ст­ной элек­трон­ной и ды­рочной про­во­ди­мо­стью по­лучают вве­де­ни­ем ле­ги­рую­щих до­ба­вок в кри­стал­лы ос­нов­но­го по­лу­про­вод­ни­ка.



Рис. 1. Прин­ци­пи­аль­ная схе­ма эле­мен­тар­но­го по­лу­про­вод­ни­ко­во­го ТЭГ

 При ра­бочих тем­пе­ра­ту­рах Т 900 100 К це­ле­со­об­раз­ны спла­вы 20-30% Ge-Si, а при Т 600 800 К - ма­те­риа­лы на ос­но­ве тел­лу­ри­дов и се­ле­ни­дов свин­ца, вис­му­та и сурь­мы. Схе­ма крем­ние­во­го ТЭЭ по­ка­за­на на рис. 1. Те­п­ло Q1 под­во­дит­ся к ТЭЭ (ТЭГ) че­рез стен­ку на­гре­ва­те­ля 1 с по­мо­щью те­п­ло­но­си­те­ля ( на­при­мер жид­ко­ме­тал­личес­ко­го), те­п­ло­вой тру­бы или при не­по­сред­ст­вен­ном кон­так­те с зо­ной те­п­ло­вы­де­ле­ния ре­ак­то­ра. Че­рез стен­ку 7 хо­ло­диль­ни­ка те­п­ло Q2 от­во­дит­ся от ТЭГ (из­лучени­ем, те­п­ло­но­си­те­лем или те­п­ло­вой тру­бой). Спаи по­лу­про­вод­ни­ко­вых кри­стал­личес­ких тер­мо­стол­би­ков 4 и 9 об­ра­зо­ва­ны ме­тал­личес­ки­ми ши­на­ми 3 и 5, 8, ко­то­рые элек­тричес­ки изо­ли­ро­ва­ны от сте­нок 1 и 7 слоя­ми ди­элек­три­ка 2, 6 на ос­но­ве ок­си­дов тем­пе­ра­тур Т = Т1-Т2.

 Эф­фек­тив­ность ТЭГ обес­печива­ет­ся су­ще­ст­вен­ной раз­но­род­но­стью струк­ту­ры вет­вей 4 и 9. Ветвь р-ти­па с ды­рочной про­во­ди­мо­стью по­лучает­ся вве­де­ни­ем в сплав Si-Ge ак­цеп­тор­ных при­ме­сей ато­мар­но­го бо­ра В. Ветвь п-ти­па с элек­трон­ной про­во­ди­мо­стью об­ра­зу­ет­ся при ле­ги­ро­ва­нии Si-Ge до­нор­ны­ми ато­ма­ми фос­фо­ра Р. Из-за по­вы­шен­ной хи­мичес­кой ак­тив­но­сти и ма­лой ме­ха­ничес­кой прочнос­ти по­лу­про­вод­ни­ко­вых ма­те­риа­лов со­еди­не­ние их с ши­на­ми 3, 5, 8 вы­пол­ня­ет­ся про­слой­ка­ми из спла­ва крем­ний-бор. Для дос­ти­же­ния ста­биль­ной ра­бо­ты ба­та­рея ТЭЭ гер­ме­ти­зи­ро­ва­на ме­тал­личес­кой кас­се­той, за­пол­нен­ной ар­го­ном.

 Эф­фект Пель­тье. В по­гра­ничной плос­ко­сти - спае раз­но­род­ных по­лу­про­вод­ни­ков (или ме­тал­лов) - при про­те­ка­нии то­ка I по­гло­ща­ет­ся те­п­ло Qп, ес­ли на­прав­ле­ние то­ка I сов­па­да­ют с на­прав­ле­ни­ем ре­зуль­ти­рую­ще­го те­п­ло­во­го по­то­ка ( ко­то­рый воз­ник бы при по­дог­ре­ве спая). Ес­ли же на­прав­ле­ния то­ка I и это­го по­то­ка про­ти­во­по­лож­ны, Qп про­ис­хо­дит от внеш­не­го ис­точ­ни­ка те­п­ла (из на­гре­ва­те­ля по­треб­ля­ет­ся до­пол­ни­тель­ная энер­гия) ли­бо из внут­рен­них за­па­сов энер­гии, ес­ли внеш­ний ис­точ­ник от­сут­ст­ву­ет ( в этом слу­чае на­блю­да­ет­ся ох­ла­ж­де­ние спая). В замк­ну­той на со­про­тив­ле­нии Rп тер­мо­элек­три­че­ской це­пи ТЭГ на го­ря­чих спа­ях стол­би­ков ТЭ те­п­ло Qп по­гло­ща­ет­ся (эн­до­тер­ми­че­ский эф­фект). Это ох­ла­ж­де­ние Пель­тье на­до ком­пен­си­ро­вать до­пол­ни­тель­ным под­во­дом те­п­ла Qп из­вне. На хо­лод­ных спа­ях те­п­ло Пель­тье вы­де­ля­ет­ся (эк­зо­тер­ми­че­ский эф­фект). Вы­де­лив­шее­ся те­п­ло Qп не­об­хо­ди­мо от­во­дить с по­мо­щью внеш­не­го ох­ла­ж­даю­ще­го уст­рой­ст­ва. Ука­зан­ные яв­ле­ния обу­слав­ли­ва­ют­ся пе­ре­рас­пре­де­ле­ни­ем но­си­те­лей за­ря­дов (элек­тро­нов) по уров­ням энер­гии: при по­вы­ше­нии сред­ней энер­гии элек­тро­нов ее из­бы­ток вы­де­ля­ет­ся в спае. Те­п­ло Пель­тье про­пор­цио­наль­но пе­ре­но­си­мо­му за­ря­ду:  где =(Т) - ко­эф­фи­ци­ент Пель­тье 

 Элек­три­че­ский ток I=dq/dt, сле­до­ва­тель­но, энер­гия (за вре­мя t )



а те­п­ло­вая мощ­ность



Об­ра­ти­мость эф­фек­та Пель­тье со­сто­ит в том, что при пи­та­нии це­пи то­ком I от внеш­не­го ис­точ­ни­ка ха­рак­тер те­п­ло­во­го дей­ст­вия I на спай мож­но из­ме­нять ре­вер­си­ро­ва­ни­ем на­прав­ле­ния то­ка . На этом ос­но­ва­но соз­да­ние тер­мо­элек­три­че­ских на­гре­ва­те­лей и хо­ло­диль­ни­ков. По­след­ние име­ют боль­ше прак­ти­че­ское зна­че­ние.

 Эф­фект Том­со­на (Кель­ви­на) . Эф­фект Том­со­на от­но­сит­ся к объ­ем­ным (ли­ней­ным) эф­фек­там в от­ли­чие от пло­ско­ст­но­го (то­чеч­но­го) эф­фек­та Пель­тье. при про­те­ка­нии то­ка I по тер­ми­че­ски не­од­но­род­но­му по­лу­про­вод­ни­ку (или про­вод­ни­ку) на его от­рез­ке (х1,х2) с пе­ре­па­дом Т1-Т20 в слу­чае сов­па­де­ния на­прав­ле­ний то­ка и гра­ди­ен­та 

вы­де­ля­ет­ся те­п­ло Том­со­на Qт (на­грев от­рез­ка). При встреч­ных на­прав­ле­ни­ях I и Т те­п­ло Qт по­гло­ща­ет­ся (ох­ла­ж­де­ние от­рез­ка). Эф­фект объ­яс­ня­ет­ся из­ме­не­ни­ем энер­гии дви­жу­щих­ся элек­тро­нов при пе­ре­ме­ще­нии в об­ласть с иным тем­пе­ра­тур­ным уров­нем. При ре­вер­се на­прав­ле­ния I на­блю­да­ет­ся об­ра­ти­мость эф­фек­та Том­со­на, т.е. пе­ре­ме­на эк­зо- или эн­до­тер­ми­че­ско­го ха­рак­те­ра те­п­ло­во­го дей­ст­вия. Теп ло­вя энер­гия про­пор­цио­наль­на то­ку I и пе­ре­па­ду Т т.е.  при­чем dT=|T|dx. Сле­до­ва­тель­но (для  на *р*- и *п*-уча­ст­ках),



Здесь  - сред­нее зна­че­ние ко­эф­фи­ци­ен­та Том­со­на для дан­но­го ма­те­риа­ла. В од­но­мер­ном слу­чае *|T|=dT/dx.* Те­п­ло­вая мощ­ность  Ко­ли­че­ст­вен­ное зна­че­ние эф­фек­та Том­со­на вто­ро­сте­пен­но.

 *Эф­фект Зе­бе­ка*. В це­пи двух раз­но­род­ных про­вод­ни­ков или по­лу­про­вод­ни­ков, спай и кон­цы ко­то­рых име­ют пе­ре­пад тем­пе­ра­тур, воз­ни­ка­ет эле­мен­тар­ная тер­мо-ЭДС *dE=Z(T)dT* или ЭДС

 

при­чем сред­нее зна­че­ние ко­эф­фи­ци­ен­та Зе­бе­ка



Эф­фект об­ра­тим: ес­ли со­от­но­ше­ние  за­ме­нить на , то на­прав­ле­ние дей­ст­вия Е ме­ня­ет­ся, т.е. про­ис­хо­дит ре­верс по­ляр­но­сти ТЭЭ. Об­ра­ти­мость эф­фек­та Зе­бе­ка со­про­во­ж­да­ет­ся об­ра­ти­мо­стью эф­фек­та Пель­тье.

Прин­цип ра­бо­ты ТЭЭ. (рис. 1). Ки­не­ти­че­ская энер­гия элек­тро­нов на кон­це це­пи с  вы­ше, чем на "хо­лод­ных" кон­цах с Т=Т2 , сле­до­ва­тель­но, пре­об­ла­да­ет диф­фу­зия элек­тро­нов от го­ря­че­го спая к хо­лод­ным кон­цам. кон­цен­тра­ция элек­тро­нов в р- и п-вет­вях раз­лич­на, по­это­му бо­лее от­ри­ца­тель­ный по­тен­ци­ал по­лу­ча­ет ко­нец тер­мо­стол­би­ка п-ти­па, по от­но­ше­ния к ко­то­ро­му ко­нец стол­би­ка р-ти­па име­ет по­ло­жи­тель­ный по­тен­ци­ал. Раз­ность по­тен­циа­лов Е=Z(T1-T2) обу­слав­ли­ва­ет ток I ( при за­мы­ка­нии це­пи на со­про­тив­ле­ние Rн на­груз­ки) и по­лез­ную элек­три­че­скую мощ­ность  Ра­бо­те ТЭГ со­пут­ст­ву­ют об­ра­ти­мые эф­фек­ты.

*1.3 Ба­та­реи тер­мо­элек­три­че­ских эле­мен­тов*

 Для по­лу­че­ния в ТЭГ ха­рак­тер­но­го на­пря­же­ния U30 В при ЭДС од­но­го ТЭЭ Е0,10,3 В тре­бу­ет­ся по­сле­до­ва­тель­но со­еди­нить в ба­та­рею при­мер­но N102 ТЭЭ. при за­дан­ных раз­ме­рах се­че­ния тер­мо­стол­би­ка и уров­нях то­ка I на­груз­ки не­об­хо­ди­мое чис­ло па­рал­лель­ных вет­вей в ба­та­рее оп­ре­де­ля­ет­ся плот­но­стью то­ка J=I/s10 A/см2. Для КЛА вы­пол­ня­ют­ся ба­та­реи ТЭГ мощ­но­стью от еди­ниц до со­тен ватт. В СССР для ста­цио­нар­ных и пе­ре­движ­ных АЭУ соз­да­ны РИ­ТЭГ се­рии "Бе­та" мощ­но­стью до 10 Вт на ра­дио­ак­тив­ном изо­то­пе це­рия 144Се. Пло­ские и ци­лин­д­ри­че­ские ва­ри­ан­ты ТЭГ оп­ре­де­ля­ют­ся их ком­по­нов­кой в бло­ке. Кас­кад­ное со­еди­не­ние ТЭГ по­зво­ля­ет по­вы­сить КПД пре­об­ра­зо­ва­ния энер­гии до 0,13. В це­лях умень­ше­ния удель­ной мас­сы ТЭГ раз­ра­бо­та­ны мно­го­слой­ные пле­ноч­ные ТЭЭ. пред­став­ля­ет ин­те­рес соз­да­ние в пер­спек­ти­ве ТЭГ в ви­де экс­пе­ри­мен­таль­ных ре­ак­то­ров-ге­не­ра­то­ров на ба­зе ин­те­граль­но­го ис­пол­не­ния ТЭЭ и те­п­ло­вы­де­ляю­щих эле­мен­тов (ТВЭЛ) из де­ля­щих­ся со­еди­не­ний ти­па суль­фи­дов ура­на или то­рия, ко­то­рые об­ла­да­ют по­лу­про­вод­ни­ко­вы­ми свой­ст­ва­ми.

*2. Радиоизотопные источники энергии*

* 1. *Об­щие све­де­ния*

     Естественный радиоактивный распад ядер сопровождается выделением кинетической энергии частичек и квантов. Эта энергия поглощается средой, которая окружает радиоактивный изотоп, и превращается в теплоту, которую можно использовать для получения электрической энергии термоэлектрическим способом. Устройства, которые превращают энергию естественного радиоактивного распада в электрическую энергию с помощью термоэлементов, называются радиоизотопными термогенераторами.

 *2.2 Облости применения*

Современные радиоизотопные генераторы имеют КПД 3-5% и срок службы от 3 месяцев до 10 лет. Технико-экономические характеристики этих генераторов в будущем могут быть значительно улучшены. Ныне создаются проекты генераторов мощностью до 10 квт.
     В радиоизотопных генераторах заинтересованны разные области науки и техники, их собираются использовать в виде источника энергии искусственного сердца человека, а также для стимулирования работы разных органов в живых организмах. Радиоизотопные термогенераторы надежны в работе, имеют большой срок службы, компактные и успешно используются как автономные источники энергии для разных устройств космического и наземного назначения. В особенности удобными оказались радиоизотопные термогенераторы при освоении космического пространства, где необходимы источники энергии, которые способны долго и надежно работать при неблагоприятных условиях влияния ионизирующих излучений, в радиационных поясах, на поверхности других планет и их спутников.

 *2.3 Радиоизотопные термоэлектрические генераторы (ритэги)*

В России находится около 1000 радиоизотопных термоэлектрических генераторов (РИТЭГов), большая часть которых используется как элемент питания световых маяков.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|

|  |
| --- |
| **Радиоизотопные термоэлектрические генераторы (ритэги)** |
|  |

 |

 |

 |

Ритэги являются источниками автономного электропитания с постоянным напряжением от 7 до 30В для различной автономной аппаратуры мощностью от нескольких ватт до 80 Вт. Совместно с ритэгами используются различные электротехнические устройства, обеспечивающие накопление и преобразование электрической энергии, вырабатываемой генератором. Наиболее широко ритэги используются в качестве источников электропитания навигационных маяков и световых знаков.

В ритэгах используются источники тепла на основе радионуклида стронций-90 (РИТ-90). РИТ-90 представляет собой закрытый источник излучения, в котором топливная композиция в форме керамического титаната стронция-90 дважды герметизирована аргоно-дуговой сваркой в капсуле. Капсула защищена от внешних воздействий толстой оболочкой ритэга, сделанной из нержавеющей стали, алюминия и свинца. Биологическая защита изготовлена таким образом, чтобы на поверхности устройств доза радиации не превышала 200 мР/ч, а на расстоянии метра — 10 мР/ч3.

Период радиоактивного полураспада стронция-90 (90Sr) — 29 лет. На момент изготовления РИТ-90 содержат от 30 до 180 кKи 90Sr. Мощность дозы гамма-излучения РИТ-90 самого по себе, без металлической защиты достигает 400-800 Р/ч на расстоянии 0,5 м и 100-200 Р/ч — 1 м от РИТ-90.

# Литература

1. Алиевский Б. Л.

Специальные электрические машины. -М.: Энергоатомиздат, 1994г.-206 с.

2. Караваев В.Т. Специальные электрические машины с частичным совмещением (элементы теории, схемы и конструкции).- Киров: РИО, 1999.- 538 с.

3. М.И.Рылов, М.Н.Тихонов. Проблемы радиационной безопасности при обращении с радиоизотопными термоэлектрическими генераторами. //«Атомная стратегия», Санкт-Петербург, N1(6) июнь 2003. Стр. 32.