



UN LIBRARY

MAY 31 1961

Distr.
LIMITED

E/CONF.35/S/82/SUMMARY
6 May 1961
ENGLISH/FRENCH

ORIGINAL: ENGLISH



UN/SA COLLECTION
UNITED NATIONS
CONFERENCE
ON NEW SOURCES
OF ENERGY

CONFÉRENCE
DES NATIONS UNIES
SUR LES SOURCES NOUVELLES
D'ÉNERGIE

SOLAR ENERGY, WIND POWER AND GEOTHERMAL ENERGY

ÉNERGIE SOLAIRE, ÉNERGIE ÉOLIENNE ET ÉNERGIE GÉOTHERMIQUE

Agenda item/Point de l'ordre du jour:

III.D -

Use of solar energy for cooling purposes

Emploi de l'énergie solaire pour la production de froid

COOLING WITH SOLAR ENERGY

By R. CHUNG and J. A. DUFFIE

University of Wisconsin,
Madison, Wisconsin, U.S.A.

EMPLOI DE L'ENERGIE SOLAIRE POUR LA REFRIGERATION

Par R. CHUNG et J. A. DUFFIE

Université du Wisconsin,
Madison, Wisconsin, Etats-Unis

PAPERS HAVE BEEN CONTRIBUTED TO THE UNITED NATIONS CONFERENCE ON NEW SOURCES OF ENERGY BY INVITATION AND ARE FOR DISTRIBUTION AS WORKING PAPERS FOR THAT CONFERENCE. THEY ARE PUBLISHED AS PRESENTED BY THE AUTHORS, AND THE CONTENTS AND THE VIEWS EXPRESSED ARE THOSE OF THE AUTHORS.

(See notes overleaf)

LES AUTEURS ONT PRESENTE SUR INVITATION A LA CONFERENCE DES NATIONS UNIES SUR LES SOURCES NOUVELLES D'ENERGIE DES MEMOIRES QUI SERONT DISTRIBUES COMME DOCUMENTS DE TRAVAIL DE LA CONFERENCE. CES MEMOIRES SONT PUBLIES TELS QUE LES AUTEURS LES ONT REDIGES ET LES VUES QU'ILS CONTIENNENT SONT CELLES DES AUTEURS.

(Voir notes au verso)

NOTES

1. The working languages of the Conference are English and French. All papers contributed are reproduced in one or other of these two languages. Where a paper has been reproduced in both working languages for the convenience of a rapporteur, both language versions are provided as part of the Conference documentation.

2. Where any paper has been contributed in one of the official languages of the UN other than English or French, then it has been made available to the conference in that language. A translation of such papers in either English or French (according to the request of the relevant rapporteur) is provided.

3. Summaries of all papers, as presented by the authors, will be available in both working languages—English and French. Summaries will not include diagrams and photographs and should be read in conjunction with the paper proper, which will bear the same reference number as the summary.

4. Papers and summaries will not be generally available for distribution to other than participants and contributors to the Conference until after the Conference, under publication arrangements to be announced.

1. Les langues de travail de la Conférence sont l'anglais et le français. Tous les mémoires présentés sont reproduits dans l'une ou l'autre de ces deux langues. Lorsqu'un mémoire est reproduit dans les deux langues de travail sur la demande d'un rapporteur, la version anglaise et la version française du mémoire font toutes deux parties de la documentation de la Conférence.

2. Lorsqu'un mémoire est présenté dans une langue officielle de l'ONU autre que l'anglais ou le français, il est publié dans cette langue. Les mémoires appartenant à cette catégorie sont en outre publiés en traduction anglaise ou française (selon la demande du rapporteur chargé du sujet considéré).

3. Des résumés de tous les mémoires, établis par les auteurs eux-mêmes, seront publiés dans les deux langues de travail: anglais et français. Les résumés ne contiendront ni diagrammes ni photographies, et il conviendra de les rapprocher du mémoire lui-même, qui portera le même numéro de référence que le résumé.

4. Les mémoires et les résumés ne pourront en général être distribués à des personnes autres que les participants et les auteurs qu'après la Conférence et selon des modalités de publication qui seront annoncées ultérieurement.

SUMMARY

COOLING WITH SOLAR ENERGY

by

R. Chung and J. A. Duffie

University of Wisconsin

Madison 6, Wisconsin

U. S. A.

1. The application of solar energy to refrigeration or air cooling is an appropriate combination of energy source and energy utilization, as there is frequently a direct relationship of high ambient temperatures to high incident solar radiations. Absorption type cooling or refrigerating units appear, at the present state of development, to be more suited to solar operation than other types of machines. The Solar Energy Laboratory of the University of Wisconsin has carried on studies pertaining to solar operation of small capacity intermittent absorption refrigerators and continuous absorption air cooler.
2. Performance of solar coolers is conveniently described in terms of an overall performance ratio, E , the ratio of cooling obtained to solar radiation incident on the collector. E is the product of a solar heating ratio, ξ , the ratio of solar exchanger output (cooler input) to incident radiation, and a cooling ratio, η , the ratio of cooling obtained to heat input to the cooler.
3. Intermittent absorption coolers of the simplest type have the functions of generator and absorber combined in one vessel, and condenser and evaporator combined in another; they are of simple design, with no moving parts. They require manual manipulation and can be readily adapted to solar regeneration with typical experimental performance ratios, for ammonia-water systems, of $E = 0.16$, $\xi = 0.4$, and $\eta = 0.4$. Used for small food coolers, these units are regenerated with a solar reflector; a 48" reflector with a 2 hour regeneration period can provide 1000 BTU of cooling.
4. The selection of refrigerant-absorbent systems for intermittent absorption coolers can be based on physical and thermodynamic properties; system evaluations have been made for a number of systems and are summarized in the paper. The ammonia-water system appears to be the best of those considered, and can yield cooling ratios of 0.4 under realistic conditions for food preservation.

5. Experimental regeneration and refrigeration studies have been carried out with two refrigerant-absorbent systems and in units of two different designs. A typical solar regeneration performance of an ammonia-water unit showed the incident beam radiation on the reflector distributed as follows: 33% optical loss, 3% heat capacity loss in the generator, 40% to generator contents, and 24% to thermal losses from the generator.
6. For larger capacities, changes in the simple food-cooler designs are indicated, to obtain better use factors on the reflector and improve the performance of the coolers by recovery of sensible heat. Improved reflector use-factor (i. e., longer regeneration times) can be achieved by use of dual units, by cycle modifications which permit refrigeration to proceed during regeneration, or by provision of addition storage of "cooling" to carry through longer regeneration times. Improved cooler performance coefficients, particularly important for ice manufacture which requires lower evaporator temperatures, can be obtained by precooling water which is to be frozen in the later stages of the refrigeration cycle, and freeze the water in the earlier part of the cycle when the evaporator temperature is lowest. Another method to obtain better coefficients is to cool the absorber during the later part of the cooling cycle with an auxiliary cooler.
7. A study of an ice-producing machine based on an intermittent ammonia-water cycle, using a solar exchanger consisting of a cylindrical reflector of 72 square feet area and a receiver-pipe serving as the generator of the cooler, indicates that its production of ice from water at 90°F should be about 145 pounds on a day when the beam radiation is 2000 BTU per square foot of the oriented receiver. In this cycle, nearly complete rectification is used, as is some sensible heat recovery, and evaporation (refrigeration) proceeds through all but a few minutes of the 24 hour day.
8. Continuous absorption air-conditioners are of interest, as there is frequently good correlation of solar energy supply and cooling requirements; in temperate climates the process is more attractive if the solar exchanger for supplying energy to the cooler can also be used for wintertime heating. Design and experimental studies of continuous air conditioners operating with flat-plate solar exchangers indicate that such systems are feasible if adequate performance of the absorber can be achieved.
9. While cost estimates of the equipment used in solar cooling are only tentative, with the cooling processes still for the most part in developmental stages, preliminary estimates put the cost of owning a minimum size manually manipulated food cooler at about \$8.00 per year. The cost of ice from the larger ice-making machine, considering only the cost and lifetime of the equipment, is estimated at about \$4.00 per ton.

EMPLOI DE L' ENERGIE SOLAIRE POUR LA
REFRIGERATION

par R. Chung et J.A. Duffie

Université du Wisconsin- Madison 6, Wisconsin
Etats-Unis

Résumé

1- L'application de l'énergie solaire à la réfrigération ou à la climatisation représente une heureuse combinaison de la source de force motrice et de l'utilisation de cette énergie, pour autant qu'il existe souvent un rapport direct entre des températures ambiantes élevées et l'incidence, élevée elle aussi, du rayonnement solaire. Les groupes de climatisation ou de réfrigération à absorption semblent se prêter mieux, (dans l'état actuel de nos connaissances) que d'autres types de machines à l'utilisation de la force motrice fournie par le soleil. Le laboratoire d'énergie solaire de l'Université du Wisconsin a mené des études sur la question de l'utilisation de cette énergie dans des réfrigérateurs à absorption intermittente et des climatiseurs à absorption continue.

2- Le rendement des réfrigérateurs solaires peut commodément s'exprimer par un coefficient global de fonctionnement E , rapport entre le nombre de frigories produites et le rayonnement solaire reçu par le collecteur. E s'obtient en faisant le produit du coefficient de chauffage solaire par le rapport entre le débit de l'échangeur solaire (à l'entrée du réfrigérateur) au rayonnement incident et par un coefficient de refroidissement η , rapport entre le degré de réfrigération obtenu et la chaleur reçue par le réfrigérateur.

3- Les réfrigérateurs à absorption à fonctionnement intermittent du type le plus simple combinent les fonctions de générateur et d'absorbeur en une seule et même enceinte, tandis que le condenseur et l'évaporateur sont réunis dans une autre enveloppe. Leur conception est simple et ils n'ont pas de pièces mobiles. Ils exigent des opérations manuelles et peuvent facilement s'adapter à la régénération solaire avec des coefficients d'utilisation expérimentaux-type, pour les systèmes ammoniac-eau de $E = 0,16$, $\xi = 0,4$ et $\gamma = 0,4$. Il en est fait usage pour de petits réfrigérateurs destinés à conserver les denrées alimentaires. La régénération y est assurée par un réflecteur solaire. Un réflecteur de 48" (1,22 m) ayant une période de régénération de deux heures peut produire 251 frigories (1.000 BTU).

4- Le choix des systèmes réfrigérant-absorbant pour les réfrigérateurs à absorption intermittente peut reposer sur des considérations physiques et thermodynamiques. Des évaluations des divers systèmes ont été faites pour nombre de combinaisons et sont résumées dans le mémoire. L'association ammoniac-eau semble être la meilleure de celles qui ont été prises en considération et elle peut donner des rapports de réfrigération de 0,4 dans des conditions réalistes de conservation des denrées alimentaires.

5- On a procédé à des recherches expérimentales sur la régénération et la réfrigération, avec deux systèmes réfrigérant-absorbant et des groupes de conceptions différentes. Il ressort du comportement-type, vis-à-vis de la régénération solaire, d'un groupe ammoniac-eau, que le rayonnement contenu dans le faisceau incident qui porte sur le réflecteur se répartit comme suit: pertes optiques, 33% ; perte de capacité thermique dans le générateur, 3% ; perte dans le contenu du générateur, 40% et pertes thermiques du générateur, 24%.

6- Il est indiqué, aux plus grosses capacités, de procéder à des modifications de la conception des réfrigérateurs simples, de manière à obtenir de meilleurs facteurs d'utilisation au réflecteur et à relever leur rendement par la récupération de la chaleur sensible. On peut réaliser de meilleurs facteurs d'utilisation du réflecteur (c.a.d. des temps de régénération plus longs) en se servant de groupes jumeaux, en modifiant le cycle de réfrigération de telle sorte que la réfrigération se poursuive pendant la régénération ou en augmentant la capacité de mise en réserve du "refroidissement" de manière à pouvoir faire appel à de plus longs cycles de régénération. On peut améliorer le coefficient du rendement du réfrigérateur, particulièrement important pour la production de glace, qui exige de plus basses températures d'évaporateur, en refroidissant tout d'abord l'eau qui doit être congelée au

