

Нет автора

Журнал Холодильная техника 1963 года №2

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621.3
ББК 31.352
Н57

Н57 **Нет автора**
Журнал Холодильная техника 1963 года №2 / Нет автора – М.: Книга по Требованию, 2021. – 79 с.

ISBN 978-5-458-64579-9

ISBN 978-5-458-64579-9

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2021

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

трубы, после чего канавку заливали электроизоляционным раствором.

Температуру жидкого фреона на входе в трубу и парообразного на выходе из нее, а также температуру охлаждающей воды на входе в конденсатор и выходе из него измеряли лабораторными термометрами с делениями шкалы $0,1^\circ$.

До начала опытов установку промывали раствором двуххромовокислого калия. Герметичность системы проверяли воздухом под давлением 25 *ати*.

В экспериментах измеряли следующие величины: напряжение и силу тока у основного нагревателя, по которым определяли количество тепла Q , температуру жидкого фреона перед трубой $t_{вх}$, температуру кипения t_0 , давление в конденсаторе и трубе и температуру ее стенки. Эта температура принималась равной средней арифметической из показаний 16 термопар. Среднюю температуру внутренней поверхности стенки трубы $t_{вн}$ устанавливали расчетным путем.

Кроме того, были определены потери тепла через тепловую изоляцию фланцев и штуцеров. Эти потери составили не более 4—5% общего количества тепла, выделяемого основным нагревателем, в связи с чем их не учитывали.

Все измерения проводили при установившемся режиме процесса кипения, три раза через 15 минут. Максимальное отклонение отдельных измерений от среднего значения не превышало $0,2^\circ$ (не выходило за пределы погрешности в показаниях измерительных приборов). При расчетах пользовались данными работ [1, 2].

Опыты проводили при температурах кипения от $50,9$ до $79,5^\circ$ и удельном тепловом потоке от 1090 до 6661 $\text{ккал/м}^2\text{час}$. Эти пределы были вполне достаточны, так как тепловой поток в параболо-цилиндрическом концентраторе при коэффициенте концентрации солнечных лучей около 20 не превышает 6000—8000 $\text{ккал/м}^2\text{час}$.

Коэффициент теплоотдачи α от теплопередающей поверхности к кипящему холодильному агенту вычисляли по величине удельного теплового потока и температурному напору, осредненному по длине трубы.

Результаты опытов приведены в таблице.

Как видно из таблицы, температура жидкого фреона, поступающего в трубу, была на $7\text{—}15^\circ$ ниже температуры кипения. В связи с этим жидкий фреон подогревался до тем-

$t_{вх}, ^\circ\text{C}$	$t_0, ^\circ\text{C}$	$\theta = (t_{вн} - t_0), ^\circ\text{C}$	$q, \text{ккал/м}^2\text{час}$	$\alpha, \text{ккал/м}^2\text{час град}$
38	50,9	2,7	1090	405
46	58,9	2,7	1335	494
42	53,5	3,15	1626	516
49	59,4	3,15	1800	569
42	54,6	3,36	2013	600
46	60,8	3,3	2135	647
41	56,0	3,5	2360	675
42,5	53,1	4,1	3580	873
60	69,2	4,0	3989	996
44,7	54,0	4,4	4287	984
63	72,8	4,2	4348	1035
41	54,6	4,6	5087	1108
50	57,05	4,8	5517	1150
48	56,05	5,0	5930	1183
72	79,5	5,1	6661	1315

пературы кипения в начальных участках трубы.

Поверхность подогрева жидкого фреона определяли по формуле

$$F_{\text{под}} = \frac{Q_{\text{под}}}{q} = \frac{G(i_0 - i_{вх})}{q} \text{ м}^2, \quad (1)$$

где: i_0 и $i_{вх}$ — энтальпии фреона при температуре кипения и на входе в трубу, ккал/кг ;

$G = \frac{Q}{(i_0 - i_{вх}) + r}$ — количество испаряющегося фреона, кг/час ;

r — теплота парообразования фреона, ккал/кг .

На рис. 2 представлены результаты испытаний, характеризующие зависимость между температурным напором и удельной тепловой нагрузкой.

Зависимость коэффициента теплоотдачи при кипении фреона-12 от удельной тепловой нагрузки (прямая 1) показана на рис. 3. Из этого графика получено следующее уравнение

$$\alpha = 4,48 q^{0,646}. \quad (2)$$

Опытные данные сопоставляли с полученными по формуле

$$\alpha = 5,75 q^{0,6},$$

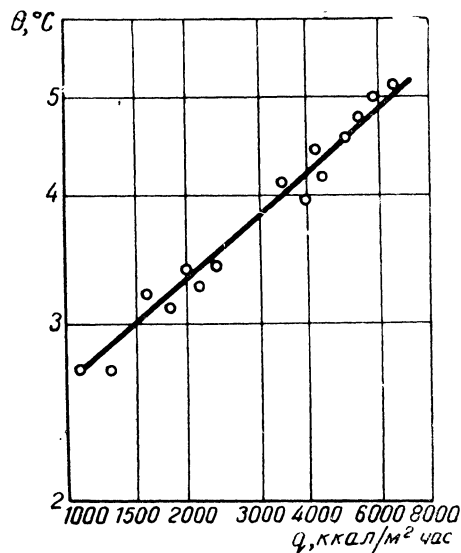


Рис. 2. Зависимость температурного напора от удельной тепловой нагрузки.

рекомендуемой для горизонтальной трубы [1]. Оказалось, что они мало отличаются от расчетных.

На рис. 3. представлены также зависимости, построенные по обобщенным формулам Кружилина [3]

$$\alpha = 0,004 \frac{\lambda^{0,8} (\gamma')^{0,333} (\gamma'' r)^{0,033} q^{0,7}}{\mu^{0,5} \sigma^{0,333} (\gamma' - \gamma'')^{0,033} T_s^{0,37} c_p^{0,17}},$$

Кутателадзе [4]

$$\alpha = 0,44 \lambda \left(\frac{\gamma' - \gamma''}{\sigma} \right)^{0,5} \left(\frac{\nu}{a} \right)^{0,35} \left(\frac{q p}{3600 r \gamma'' g \mu'} \times \right. \\ \left. \times \frac{\gamma'}{\gamma' - \gamma''} \right)^{0,7}$$

и Толубинского [5]

$$\alpha = 1,837 \frac{\lambda^{1,3} \gamma^{0,2} (\gamma'')^{0,66} q^{0,6}}{r^{0,6} \gamma_a^{0,66} c^{0,3} \sigma^{0,5} \nu^{0,3}}.$$

Значения α , подсчитанные по этим обобщенным формулам, меньше опытных в 1,5—2 раза. Так, при $q = 3990 \text{ ккал/м}^2 \text{ час}$ коэффициент теплоотдачи по формуле Кружилина равен 515, по формуле Кутателадзе — 584, а по опытным данным — 1000 $\text{ккал/м}^2 \text{ час град}$.

Результаты опытов, обработанные в координатах $\alpha d - Gq \cdot 10^{-3}$, приведены на рис. 4.

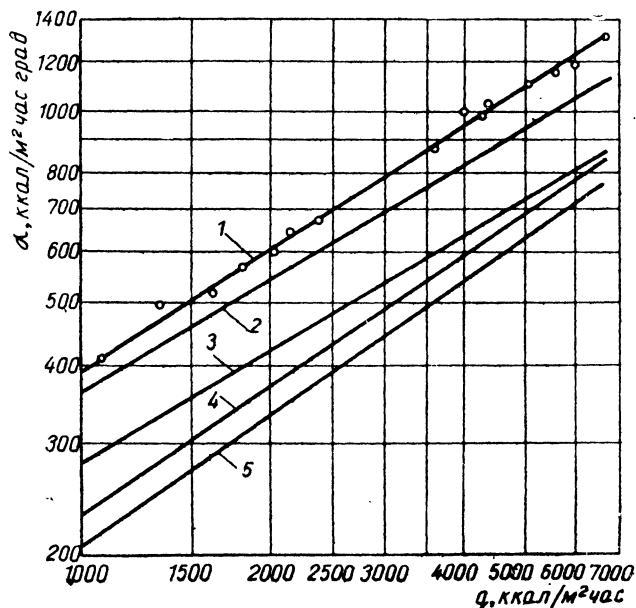


Рис. 3. Зависимость коэффициента теплоотдачи при кипении фреона-12 от удельной тепловой нагрузки: 1 — по опытным данным, 2 — по формуле $\alpha = 5,75 q^{0,6}$, 3 — Толубинский, 4 — Кутателадзе, 5 — Кружилин.

Прямая на рис. 4 характеризует влияние скорости фреона на процесс кипения и описывается формулой

$$\alpha = 1,07 \frac{(Gq)^{0,32}}{d}, \quad (3)$$

которая применима при значениях $d = 49 \text{ мм}$, $l = 1,5 \text{ м}$, $q = 1090 \div 6660 \text{ ккал/м}^2 \text{ час}$ и $G = 8,5 \div 65,3 \text{ кг/час}$.

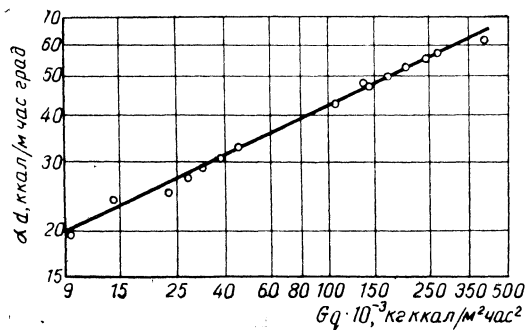


Рис. 4. Зависимость αd от $Gq \cdot 10^{-3}$.

Выводы

Получена эмпирическая формула (2) для расчета коэффициента теплоотдачи при кипении фреона-12 в наклонной трубе и формула (3), характеризующая влияние скорости на процесс кипения.

Опытные значения коэффициента теплоотдачи в 1,5—2 раза больше значений, подсчитанных по обобщенным формулам Кружилина, Кутателадзе и Толубинского.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Холодильная техника», Энциклопедический справочник, т. I, Госторгиздат, 1960, стр. 129.
2. И. С. Бадилькес, Рабочие вещества холодильных машин, Пищепромиздат, 1952.
3. Г. Н. Кружилин, Обобщение экспериментальных данных по теплоотдаче при кипении жидкостей в условиях свободной конвекции, Известия Академии наук СССР, ОТН, 1949, № 5.
4. С. С. Кутателадзе, В. М. Боришанский, Справочник по теплопередаче, Госэнергоиздат, 1959.
5. В. И. Толубинский, К теории теплообмена при кипении, Известия высших учебных заведений Министрства высшего образования СССР, «Энергетика», 1959, № 1.

О режимах работы полупроводниковых охлаждающих устройств

Канд. техн. наук **Е. С. КУРЫЛЕВ** — Ленинградский технологический институт холодильной промышленности

В компрессионных холодильных установках температуры кипения и конденсации однозначно определяют показатели машины данной конструкции. В полупроводниковых охлаждающих устройствах при постоянной температуре T горячих спаев и заданной температуре T_0 холодных спаев холодопроизводительность Q_0 и холодильный коэффициент ε можно изменять в широких пределах, меняя силу тока в цепи термоэлементов.

Различают три характерных режима работы термоэлектрических установок, которым соответствуют различные значения силы тока.

Режим максимальной разности температур, в котором при идеальной тепловой изоляции холодных спаев достигается минимальная температура $T_{0\min}$. Силу тока в этом режиме обозначим i_t . Следует иметь в виду, что при подводе тепла к холодным спаям их температура и в случае $i = i_t$ будет $T_0 > T_{0\min}$.

Режим максимальной холодопроизводительности, в котором можно получить $Q_0 = Q_{0\max}$ при силе тока i_q .

Режим максимального холодильного коэффициента, в котором можно достигнуть $\varepsilon = \varepsilon_{\max}$ при силе тока, равной i_ε .

Если температура горячих спаев в указанных режимах одинакова, то

$$\frac{i_q}{i_t} = \frac{T_0}{T_{0\min}} > 1,$$

а

$$\frac{i_\varepsilon}{i_t} = \frac{T - T_0}{T_{0\min}} \cdot \frac{1}{M - 1},$$

где

$$M = \sqrt{1 + \frac{1}{2} z(T + T_0)}.$$

При постоянном значении M

$$\frac{i_\varepsilon}{i_t} = \frac{T - T_0}{T - T_{0\min}}, \text{ т. е. } \frac{i_\varepsilon}{i_t} < 1.$$

Значение силы тока i_t , при котором можно получить $T_{0\min}$, определяется только температурой горячих спаев и характеристиками материала термоэлементов, но не зависит от их тепловой нагрузки. Поэтому ниже, при анализе работы полупроводниковых устройств, вместо абсолютного значения i используется отношение $\frac{i}{i_t}$.

Если $i = i_t$ и $T \neq T_{0\min}$, т. е., когда есть приток тепла к холодным спаям [1],

$$Q_{0t} = (K + 2\alpha i_t)(T_0 - T_{0\min}) \text{ вт.} \quad (1)$$

При $i = i_q$ максимальная холодопроизводительность равна [1]

$$Q_{0q} = (K + 2\alpha i_q)(T_0 - T_{от}) \text{ вт,} \quad (2)$$

где $T_{от}$ — температура, теоретически достижимая при идеальной изоляции холодных спаев и силе тока i_q .

Здесь и далее индексы t, q и ε указывают, что данная величина получается при силе тока, равной соответственно i_t, i_q и i_ε .

Практический интерес (особенно для сравнительных расчетов) представляют соотношения, в которых Q_0 и ε выражены через T, T_0 и z , т. е. через величины, характеризующие условия работы охлаждающего устройства и эффективность полупроводникового материала.

В формулы для определения холодопроизводительности должна входить также теплопроводность термопары $K = 2\lambda \frac{s}{l}$. Таким образом учитывается влияние на холодопроизводительность отношения $\frac{s}{l}$.

Путем преобразования уравнений (1) и (4) из работы [1] можно получить для одной и той же температуры T_0 зависимость

$$Q_{0t} = KN \left(T_0 - \frac{N-1}{z} \right) \text{ вт,} \quad (1')$$

где

$$N = \sqrt{1 + 2zT},$$

а преобразуя уравнение (2), — зависимость

$$Q_{0q} = K \left[\frac{1}{2} z T_0^2 - (T - T_0) \right] \text{ вт.} \quad (2')$$

Из равенств (5), (7) и (13) в работе [1] получаются следующие выражения для холодопроизводительности при $i = i_\varepsilon$:

$$Q_{0\varepsilon} = K(T - T_0) \left[z \frac{T_0}{M-1} - \frac{1}{2} z \frac{T - T_0}{(M-1)^2} - 1 \right] \text{ вт.} \quad (3)$$

Из зависимостей (1'), (2') и (3) можно вывести формулы для определения удельной тепловой нагрузки термоэлемента. Например, при $i = i_q$

$$q_{0q} = \frac{Q_{0q}}{2s} = \frac{\lambda \left[\frac{1}{2} z T_0^2 - (T - T_0) \right]}{l} \text{ вт/см}^2. \quad (2'')$$

Здесь s — в см², λ — в вт/см град и l — в см.

Характер изменения теоретической температуры холодных спаев, их расчетной удельной тепловой нагрузки и холодильного коэффициента при изменении z и отношения $\frac{i}{i_t}$ показан на рис. 1.

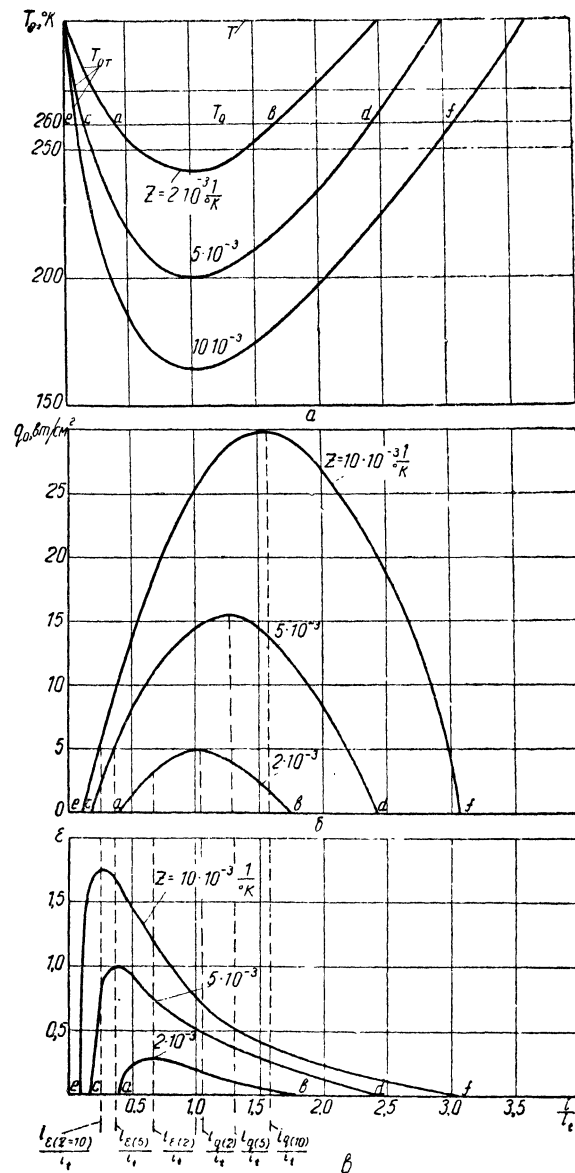


Рис. 1. Характеристики термоэлементов высотой 0,2 мм при температуре горячих спаев

$T = 300^\circ\text{K}$, разных значениях z и $\frac{i}{i_t}$:

а — теоретическая температура холодных спаев, б — удельная тепловая нагрузка холодных спаев при $T_0 = 260^\circ\text{K}$, в — холодильный коэффициент при $T_0 = 260^\circ\text{K}$.

На графиках видно, что при неизменном значении T_0 и повышении z отношение $\frac{i_e}{i_t}$ убывает, а $\frac{i_q}{i_t}$ возрастает. Указанное изменение отношений $\frac{i}{i_t}$ связано с тем, что большему значению z соответствует меньшее значение $T_{0\min}$, при этом $\frac{T_0}{T_{0\min}}$ растет, а $\frac{T-T_0}{T-T_{0\min}}$ уменьшается.

В точках a и b (при $z = 2 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^\circ K}$) и в точках c, d, e, f ($z = 5 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^\circ K}$ и $z = 10 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^\circ K}$) холодильный коэффициент равен нулю, так как этим точкам соответствует $Q_0 = 0$.

Температура холодного спая равна температуре горячего, если $i = 0$ или $\frac{i}{i_t} = 2 \frac{T}{T_{0\min}}$.

Из формулы (2) следует, что при $i = i_q$ холодопроизводительность непрерывно растет с повышением температуры холодного спая.

Если же $i = i_e$, то в интервале температур от $T_{0\min}$ до T кривая холодопроизводительности проходит через максимальное значение $Q_{0\max}$. Температуру холодного спая $T_{0\text{опт}q}$, при которой достигается $Q_{0\max}$, можно определить, приравняв нулю производную $\frac{dQ_{0e}}{dT_0}$. Полагая значение M постоянным, получаем

$$T_{0\text{опт}q} = \frac{zMT + (M-1)^2}{z(2M-1)} \quad (4)$$

Произведенные автором подсчеты показали, что приближенно

$$T_{0\text{опт}q} \approx \frac{T + T_{0\min}}{2}$$

На рис. 2,а показано изменение удельной тепловой нагрузки q_0 в зависимости от температуры T_0 при $i = i_q$ и $i = i_e$.

Из графика видно, что при $i = i_q$ с уменьшением разности $T - T_0$ значение Q_0 растет, а расход полупроводникового материала сокращается. В случае $i = i_e$ потребность в полупроводниковом материале минимальна при температуре $T_{0\text{опт}q}$ (точки A, B, C на рис. 2,а), соответствующей $Q_{0\max}$. С увеличением и с

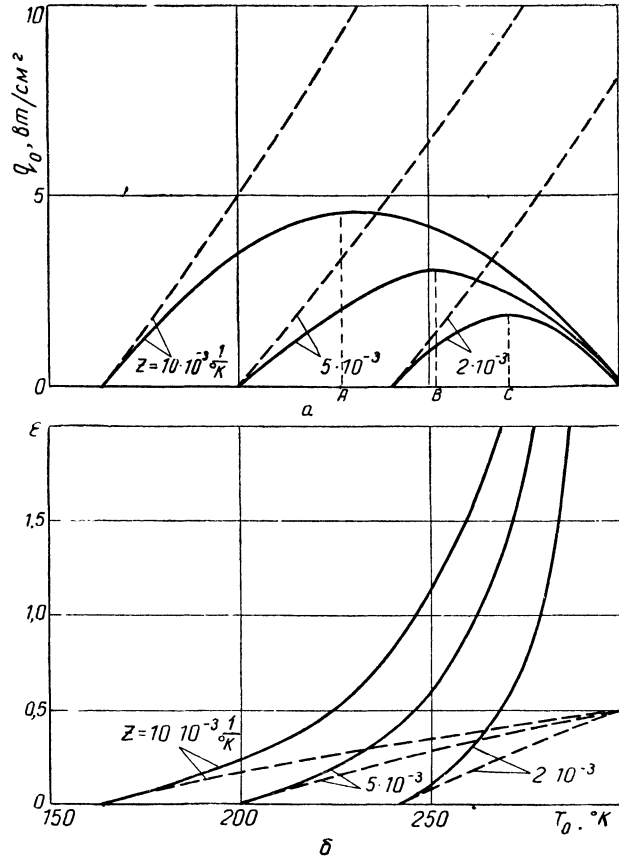


Рис. 2. Зависимость удельных тепловых нагрузок q_0 (а) и холодильных коэффициентов ϵ (б) от температуры холодного спая T_0 при $T = 300^\circ K$ и силе тока, соответствующей:

— режиму максимального холодильного коэффициента;
 --- режиму максимальной холодопроизводительности.

уменьшением расчетного интервала температур значение q_0 падает, а расход материала возрастает.

Для практических целей важно сравнить холодильные коэффициенты в характерных режимах.

Путем преобразования общих зависимостей [2] можно получить следующие выражения для холодильного коэффициента.

В режиме $i = i_q$

$$\epsilon_q = \frac{\frac{1}{2} z T_0^2 - (T - T_0)}{z T T_0} \quad (5)$$

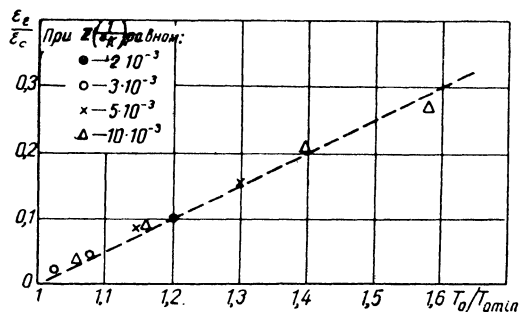


Рис. 3. Зависимость отношения $\frac{\varepsilon_{\varepsilon}}{\varepsilon_{\text{с}}}$ (максимального холодильного коэффициента к холодильному коэффициенту цикла Карно) от относительной температуры холодного спаея $\frac{T_0}{T_{\text{сmin}}}$.

а в режиме $i = i_t$

$$\varepsilon_t = \frac{N \left(T_0 - \frac{N-1}{z} \right)}{(N-1) \left[\frac{N-1}{z} + (T - T_0) \right]} \quad (6)$$

Из формулы (5) видно, что холодильный коэффициент при $i = i_q$ имеет наибольшее значение $\varepsilon_{q\text{пред}} = 0,5$. Это значение не зависит от z и достигается в практически неинтересном случае, когда $T_0 = T$.

Если $i = i_t$, наибольшее значение холодильного коэффициента будет

$$\varepsilon_{t\text{пред}} = \frac{1}{2} N = \frac{1}{2} \sqrt{1 + 2zT} \quad (7)$$

В этом режиме $\varepsilon_{t\text{пред}}$ увеличивается с ростом z , но даже при $z = 10 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^\circ\text{K}}$ ($T = 300^\circ\text{K}$)

$\varepsilon_{t\text{пред}}$ составляет только 1,32.

Достаточно большие значения ε могут быть достигнуты лишь при $i = i_{\varepsilon}$, когда $\varepsilon_{\varepsilon\text{пред}} \rightarrow \infty$. Поэтому представляется целесообразным в большинстве случаев выбирать для термоэлектрических установок режим с силой тока $i = i_{\varepsilon}$. Изменение холодильных коэффициентов в зависимости от температуры холодных спаев при $i = i_q$, а также при $i = i_{\varepsilon}$ показано на рис. 2,б (где точки пересечения кривых с осью абсцисс соответствуют $T_{0\text{min}}$).

На рис. 3 показана зависимость максимального холодильного коэффициента $\varepsilon_{\varepsilon}$ [2], отнесенного к холодильному коэффициенту цикла Карно $\varepsilon_{\text{с}}$, от величины $\frac{T_0}{T_{\text{сmin}}}$. Точки, получен-

ные при разных z , довольно хорошо объединяются прямой линией.

Приведенный выше анализ термоэлектрических процессов подтверждает большие удобства использования в качестве параметров относительной температуры $\frac{T_0}{T_{0\text{min}}}$ и относитель-

ной силы тока $\frac{i}{i_t}$, а также дает представление о наиболее рациональных режимах работы полупроводниковых холодильных устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. С. Курылев, Условия работы полупроводниковых охлаждающих устройств, «Холодильная техника», 1960, № 5.
2. Е. А. Коленко, Л. С. Стилбанс, Термоэлектрические холодильники, Сборник статей «Полупроводники в науке и технике», т. II, Изд. АН СССР, 1958.

Новые конструкции реле уровня

Канд. техн. наук А. Г. РОТЕНБЕРГ, инж. В. М. МАРШОВ — Всесоюзный научно-исследовательский институт холодильной промышленности

Закрытые сосуды, работающие под давлением, являются непременной частью каждой холодильной установки.

Безотказность и безопасность эксплуатации установок в значительной мере зависят от на-

дежности работы реле уровня, с помощью которых контролируют заполнение сосудов жидкостью.

Реле уровня являются также одним из основных приборов регулирующей и защитной

автоматики, предотвращающей, в частности, возможность возникновения гидравлических ударов и связанных с ними аварий.

До настоящего времени на отечественных холодильных установках применялись сигнализаторы уровня ДУ-3, ДУ-4, РУ-4 и электронные сигнализаторы уровня [1—5].

Во ВНИИХИ разработаны два новых типа двухпозиционных реле уровня: ПРУ-2 — с шариковым поплавковым датчиком и ПРУК-2 — с кондуктометрическим датчиком. Полупроводниковыми усилителями реле обоих типов служат несколько измененные реле температуры ПТР-2 Орловского завода приборов.

Реле уровня ПРУ-2. Прибор состоит из шарикового поплавкового датчика и усилителя с выходным реле (рис. 1). Шариковый поплавковый датчик принципиально отличается от применявшихся до сих пор сферических и несферических датчиков, в которых поплавков соединен со стержнем, входящим в индуктивную катушку. В датчике ПРУ-2 сам шарик-поплавок является сердечником, изменяющим индуктивность катушки. Благодаря этому исключается возможность зависания поплавка, поскольку он может свободно перекачиваться

по стенкам поплавковой камеры. Это гарантирует надежность работы и позволяет в несколько раз уменьшить размеры датчика.

Диаметр поплавка 40 мм, толщина стенки 0,4—0,5 мм, вес не превышает 17 г, запас плавучести в жидком аммиаке 5—6 г. Такая плавучесть обеспечивает безотказную работу датчика.

В датчике новой конструкции катушка секционированная, с выводом средней точки, что позволило включить ее в два плеча моста переменного тока.

Индуктивная катушка датчика намотана проводом ПЭЛ или ПЭВ диаметром 0,35 мм (3000 витков в каждой из двух секций).

Усилитель и выходное реле, а также элементы моста переменного тока, трансформатор и выпрямитель питания размещены на монтажной плате, которая заключена в пластмассовый корпус. В нижней части корпуса расположена клеммная колодка, предназначенная для подключения сети переменного тока, исполнительного механизма и датчика.

Реле уровня работает следующим образом.

К сосуду, в котором необходимо поддерживать определенный уровень жидкости, при по-

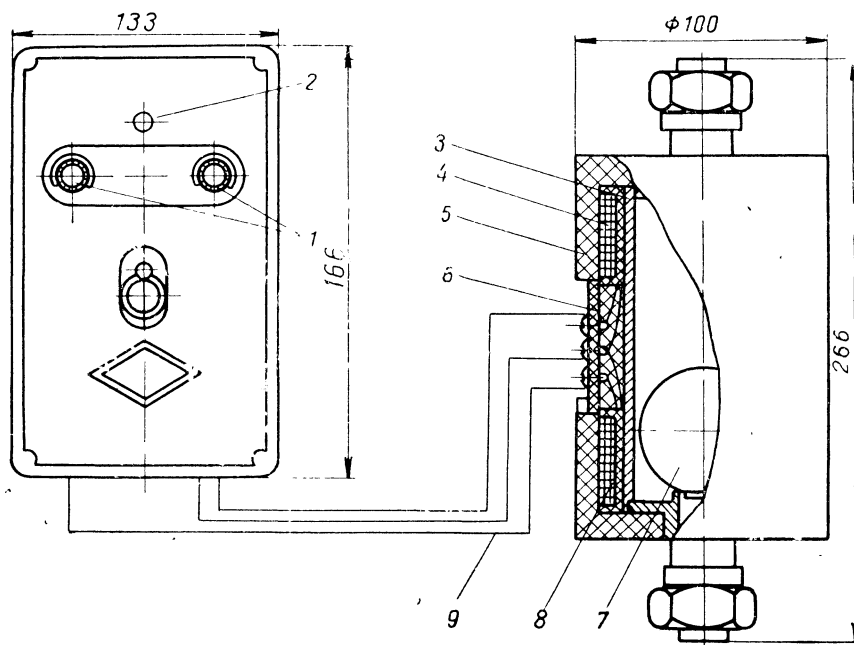


Рис. 1. Реле уровня ПРУ-2: 1 — рукоятки регулирования уровня и дифференциала, 2 — сигнальная лампа, 3 — поплавковая камера, 4 — верхняя секция индуктивной катушки, 5 — битумная термозоляция, 6 — соединительная колодка для проводов, 7 — шарик-поплавок, 8 — нижняя секция индуктивной катушки, 9 — соединительные провода, связывающие датчик с усилителем.

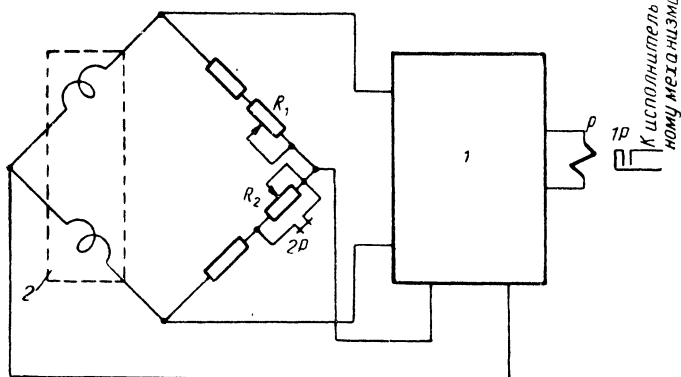


Рис. 2. Принципиальная схема реле уровня ПРУ-2: 1 — усилитель, 2 — индуктивная катушка датчика уровня, R_1 и R_2 — переменные сопротивления установки положения уровня и дифференциала регулирования, P — выходное реле, $1P$ и $2P$ — контакты реле.

мощи уравнительных трубок присоединен шариковый поплавковый датчик. Заданный уровень жидкости должен находиться примерно посередине поплавковой камеры. Вместе с уровнем жидкости поднимается и опускается шарик-поплавок. Входя в одну из секций индуктивной катушки, надетой на поплавковую камеру, и выходя из другой, он меняет индуктивное сопротивление этих секций.

Секции включены в два плеча моста переменного тока (рис. 2). Сигнал, снимаемый с диагонали моста, подается на вход усилителя реле температуры ПТР-2, собранного на полупроводниковых триодах. В данной схеме применены триоды П14 и П4Б.

Последний каскад усилителя, собранный на триоде П4Б, — фазочувствительный. Это позволяет различить небаланс моста при изменении положения уровня жидкости.

Питание усилителя и моста осуществляется от понижающего трансформатора, выпрямительного моста, собранного на диодах Д7В, и сглаживающего фильтра.

В схеме предусмотрена лампа, сигнализирующая о наличии напряжения, питающего прибор.

Нагрузкой последнего фазочувствительного каскада является катушка реле МКУ-48С (P на рис. 2).

Реле МКУ-48С имеет нормально открытые контакты. Однако исполнительный механизм может включаться как при повышении, так и при пони-

жении уровня. Достигается это пересоединением двух крайних проводов, подходящих к датчику.

На лицевую панель прибора выведены две рукоятки переменных сопротивлений R_1 и R_2 , при помощи которых можно менять заданный уровень жидкости в пределах 40—50 мм и регулировать дифференциал от 13 до 40 мм.

Реле уровня было испытано на стенде. Поплавок перемещался в поплавковой камере механически. Результаты опытов представлены на рис. 3.

Кроме того, реле было проверено на аммиачной установке сухоледного цеха Опытного холодильника ВНИХИ. Оно выполнило несколько тысяч срабатываний и четко поддерживало необходимый уровень жидкости. Опытная партия этих реле изготавливается мастерами ВНИХИ.

К достоинствам реле уровня ПРУ-2 необходимо отнести отсутствие в нем электронных ламп и реле со слабыми контактами, а также возможность удаления усилителя от датчика практически на любое расстояние.

Реле ПРУ-2 можно рекомендовать для работы на аммиаке, фреоне, рассоле, воде и других жидкостях с удельным весом $\gamma \geq 0,6$.

Реле уровня ПРУК-2. Принцип работы кондуктометрического реле уровня основан на разности электропроводностей жидкой и газобразной фазы регулируемой среды. В сосуд с жидкостью, на уровне, который необходимо контролировать, вводится датчик. Датчик представляет собой металлический стержень, заключенный в обойму, которая ввертывается

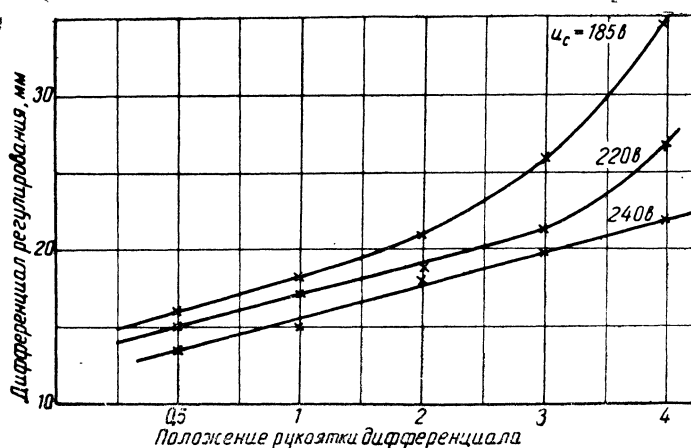


Рис. 3. Зависимость дифференциала регулирования уровня от положения рукоятки дифференциала реле ПРУ-2.

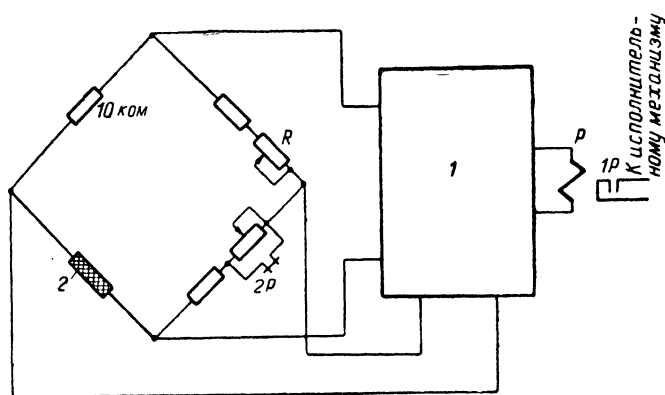


Рис. 4. Принципиальная схема реле уровня ПРУК-2: 1 — усилитель, 2 — кондуктометрический датчик уровня, R — переменное сопротивление установки электропроводности жидкости, P — выходное реле, 1P и 2P — контакты реле.

в штуцер, привариваемый к сосуду с жидкостью.

Сопротивление «стержень—корпус», включенное в одно из плеч моста переменного тока (рис. 4), изменяется в зависимости от того, погружен стержень в жидкость или находится в среде пара.

Сигнал, снимаемый с диагонали моста, подается на вход полупроводникового усилителя, конструкция которого аналогична усилителю реле ПТР-2.

Для выбора параметров моста переменного тока во ВНИХИ были проведены опыты по определению электропроводности жидкого аммиака и его паров, поскольку таких данных в литературе нет. Для опытов был взят стальной электрод диаметром 10 мм и длиной 60 мм.

Опыты показали, что электрическое сопротивление паров аммиака более чем в 50 раз превышает сопротивление жидкого аммиака (рис. 5).

Реле ПРУК-2 было испытано на аммиачной установке и воздухоотделителе сухоледного цеха Опытного холодильника ВНИХИ.

При работе на средах, содержащих масло, датчик этого реле необходимо периодически очищать, так как его замасливание может привести к несрабатыванию прибора.

Реле ПРУК-2 обладает теми же достоинствами, что и реле ПРУ-2. Кроме того, датчик соединяется с усилителем только одним проводом.

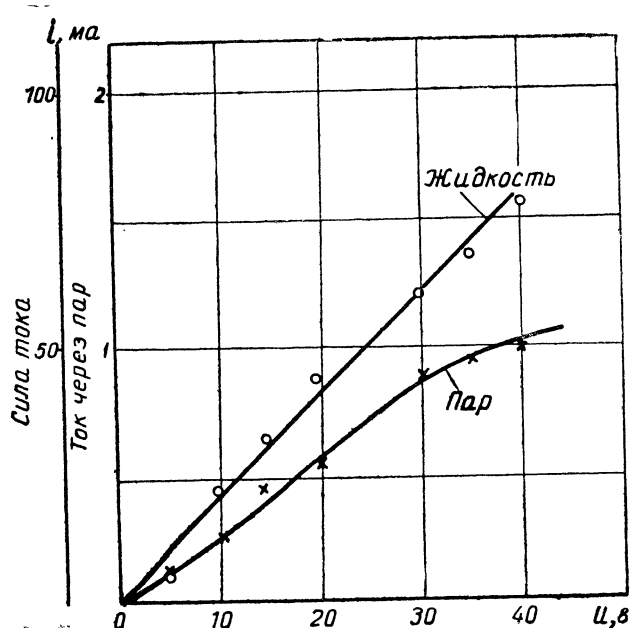


Рис. 5. Зависимость силы тока, проходящего через жидкий и газообразный аммиак, от напряжения.

Реле ПРУК-2 рекомендуется для работы на фреоне, рассоле и воде.

За рубежом кондуктометрические реле уровня применяют и на взрывоопасных, в том числе аммиачных, установках. В этих реле напряжение между корпусом и стержнем достигает 15 в, что за рубежом не считается опасным. В реле ПРУК-2 напряжение между корпусом и стержнем уменьшено до 4 в.

В дальнейшем будут проведены специальные исследования по определению возможности работы реле ПРУК-2 на взрывоопасных средах.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Алексеев, В. Б. Якобсон, Реле уровня с индуктивным датчиком ДУ-4, «Холодильная техника», 1959, № 4.
2. Испытание поплавкового регулятора и сигнализатора уровня РУ-4, Отчет ВНИХИ, 1960.
3. Н. Н. Симонов, А. В. Ярошкин, Применение электронных сигнализаторов уровня на холодильниках, «Холодильная техника», 1960, № 5.
4. В. И. Алексеев, А. Г. Ротенберг, Реле уровня РУ-4, «Холодильная техника», 1961, № 2.
5. В. Б. Якобсон, Автоматизация холодильных установок, Госторгиздат, 1962.

Расчет автоколебаний в двухпозиционных системах при помощи обобщенных нагрузочных характеристик

Инж. В. С. УЖАНСКИЙ — Всесоюзный научно-исследовательский институт холодильной промышленности

В работе [1] показано, что двухпозиционные системы регулирования холодильных установок можно достаточно просто рассчитать, если реальные характеристики объектов регулирования заменить приближенными, соответствующими звену первого порядка или такому звену с запаздыванием.

В данной статье рассматривается один из возможных способов расчета, позволяющий вычислить период автоколебаний и длительность его частей с применением обобщенных нагрузочных характеристик.

Пусть объект регулирования в двухпозиционной системе близок по своим свойствам к звену, описываемому уравнением первого порядка [2],

$$T \frac{dt}{d\tau} + t = t(\infty). \quad (1)$$

Тогда изменение температуры на выходе объекта подчиняется закону

$$t = t(\infty) - [t(\infty) - t_n] \exp\left[-\frac{\tau}{T}\right]. \quad (2)$$

Непосредственно из формулы (2) получаем

$$\tau = -T \ln \frac{t(\infty) - t}{t(\infty) - t_n}. \quad (3)$$

В выражениях (1—3):

T — постоянная времени объекта регулирования;

t — температура;

$t(\infty)$ — температура в установившемся состоянии;

t_n — температура в начальный момент.

Пусть объект имеет параметры: при охлаждении $t_1(\infty)$ и T_1 и при нагревании $t_2(\infty)$ и T_2 .

Системой управляет реле с дифференциалом $2x_0$.

Тогда, очевидно, при работе в системе установятся автоколебания, период которых

$$\tau_k = \tau_1 + \tau_2, \quad (4)$$

где τ_1 и τ_2 — длительности рабочей и нерабочей частей периода.

Если заданная температура t_3 , то реле переключается при температурах $t_3 \pm x_0$.

Применим формулу (3) для рабочей и нерабочей частей периода. Для этого подставим в формулу

для рабочей части:

$$\tau = \tau_1; \quad T = T_1; \quad t_n = t_3 + x_0; \quad t = t_3 - x_0;$$

для нерабочей части:

$$\tau = \tau_2; \quad T = T_2; \quad t_n = t_3 - x_0; \quad t = t_3 + x_0.$$

Тогда получим

$$\tau_1 = -T_1 \ln \frac{t_1(\infty) - t_3 + x_0}{t_1(\infty) - t_3 - x_0}, \quad (5)$$

$$\tau_2 = -T_2 \ln \frac{t_2(\infty) - t_3 - x_0}{t_2(\infty) - t_3 + x_0}. \quad (6)$$

Введем безразмерные величины

$$\bar{\tau}_1 = \frac{\tau_1}{T_1}; \quad \bar{\tau}_2 = \frac{\tau_2}{T_2}; \quad (7)$$

$$\alpha = \frac{t_2(\infty) - t_3}{\theta}, \quad (8)$$

$$\beta = \frac{x_0}{\theta}, \quad (9)$$

где

$$\theta = t_2(\infty) - t_1(\infty). \quad (10)$$

Величины $\bar{\tau}_1$ и $\bar{\tau}_2$ — относительные длительности, α — коэффициент нагрузки, β — коэффициент чувствительности реле.

Коэффициент нагрузки показывает, какую часть составляет фактическая нагрузка от максимальной. При отсутствии нагрузки, т. е. при $t_3 = t_2(\infty)$, коэффициент $\alpha = 0$. При полной нагрузке, когда $t_3 = t_1(\infty)$, коэффициент $\alpha = 1$.

Коэффициент чувствительности показывает, какую долю составляет дифференциал реле от разности температур θ .

Нетрудно установить, что автоколебания возможны только при условии, если $\beta < 0,5$. В формулах (5) и (6) разделим числители и знаменатели дробей на θ . С учетом формулы (7) имеем