



Повышение эффективности работы холодильной установки. Выбор алгоритма управления электронным терморегулирующим вентилем

Принимая решение об использовании электронных терморегулирующих вентилей в составе холодильной установки, как правило, мало кто задумывается об алгоритмах управления данными устройствами, предлагаемых разными производителями контроллеров. И если целью применения электронных ТРВ является энергосбережение, то зачастую именно алгоритм управления определяет его величину.

Рассмотрим три варианта решения.

- ✓ Механический терморегулирующий вентиль.
- ✓ Электронный терморегулирующий вентиль, управляемый по алгоритму с фиксированной уставкой перегрева.
- ✓ Электронный терморегулирующий вентиль, управляемый по алгоритму адаптивного изменения уставки перегрева.

Прежде чем перейти к сравнению алгоритмов, несколько слов о том, какая величина перегрева будет оптимальной. Что должна обеспечить система управления перегревом? С одной стороны, ТРВ должен защищать компрессор от попадания жидкого хладагента, т.е. на выходе из испарителя должен наблюдаться *стабильный перегрев*. С другой стороны, в целях уменьшения энергопотребления перегрев должен быть *минимальным* (величина перегрева определяет заполнение испарителя жидким хладагентом: чем выше перегрев, тем меньше хладагента будет кипеть в испарителе, соответственно ниже будет давление кипения, а значит, выше энергопотребление компрессора).

На рис. 1 схематически изображена зависимость температуры (давления) кипения от величины перегрева. Таким образом, можно говорить о необходимости поддержания **минимального стабильного перегрева**, который, с одной стороны, защитит компрессор, а с другой – не допустит перерасхода электроэнергии.

Очевидно, что величина минимального стабильного перегрева будет зависеть от нагрузки на испаритель. При ее увеличении интенсивность кипения хладагента в испарителе повышается, соответственно величина перегрева тоже должна увеличиваться, чтобы гарантированно защитить компрессор. При уменьшении нагрузки величину перегрева можно уменьшить для снижения энергопотребления. На рис. 2 схематично изображена кривая минимального стабильного перегрева.

Теперь для сравнения трех решений наложим на график минимального стабильного перегрева поочередно характеристики механического ТРВ, электронного ТРВ, работающего по алгоритму с фиксированной уставкой, и электронного ТРВ, работающего по алгоритму адаптивного изменения уставки перегрева.

Первый вариант решения – механический ТРВ. Как известно, уставка перегрева данного вентиля зависит от степени его открытия. Поэтому его характеристика выглядит как наклонная линия (рис. 3). Очевидно, что при помощи механического ТРВ достичь оптимального зна-

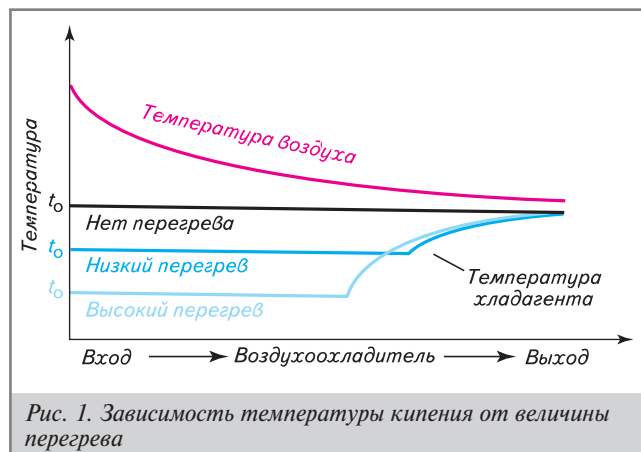


Рис. 1. Зависимость температуры кипения от величины перегрева

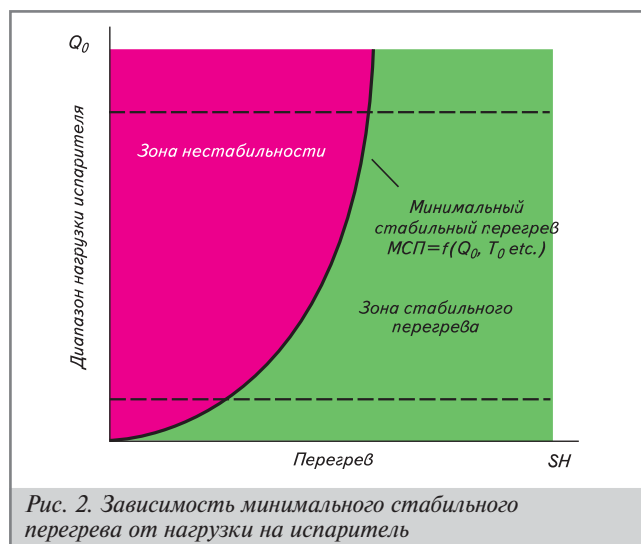


Рис. 2. Зависимость минимального стабильного перегрева от нагрузки на испаритель

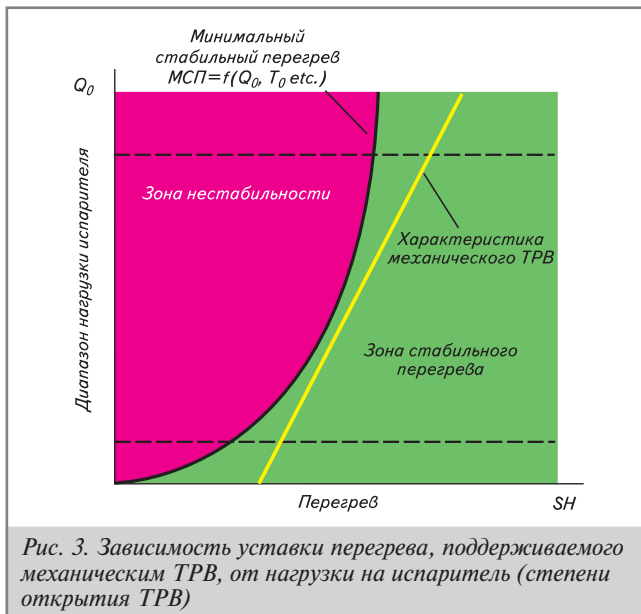


Рис. 3. Зависимость уставки перегрева, поддерживаемого механическим TRV, от нагрузки на испаритель (степени открытия TRV)

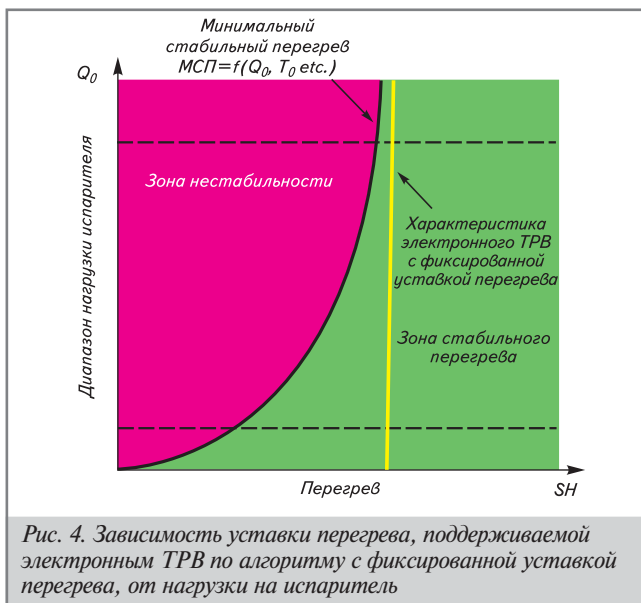


Рис. 4. Зависимость уставки перегрева, поддерживаемой электронным TRV по алгоритму с фиксированной уставкой перегрева, от нагрузки на испаритель

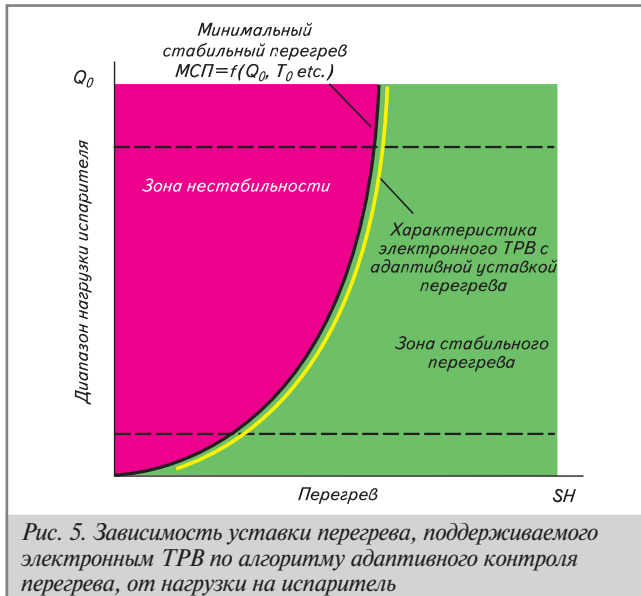


Рис. 5. Зависимость уставки перегрева, поддерживаемого электронным TRV по алгоритму адаптивного контроля перегрева, от нагрузки на испаритель

чения перегрева (приблизиться к кривой минимального стабильного перегрева) можно только на узком участке значений нагрузки на испаритель (40–60 % от номинала). В остальном диапазоне нагрузок будет наблюдаться перерасход электроэнергии из-за завышенного перегрева по сравнению с оптимальным. Следует также помнить, что наклон характеристики механического TRV зависит от перепада давлений на клапане и переохлаждения хладагента, а следовательно, постоянно меняется. В результате добиться на практике приближения характеристики механического TRV к кривой минимального стабильного перегрева достаточно сложно.

Второй вариант решения – электронный TRV, работающий по алгоритму с фиксированной уставкой перегрева.

Как видно из рис. 4, характеристика электронного TRV, работающего по данному алгоритму, приближается к минимальному стабильному перегреву лишь для нагрузок на испаритель, близких к 100%. В остальном диапазоне нагрузок работа системы электронного TRV – контроллер не будет оптимальной. Следовательно, такое решение нельзя считать энергоэффективным.

Третий вариант решения – электронный TRV, работающий по алгоритму адаптивного контроля перегрева.

Как видно из рис. 5, данный алгоритм позволяет уставке перегрева приближаться к кривой минимального стабильного перегрева во всем диапазоне нагрузок на испаритель, обеспечивая как оптимальное энергопотребление, так и защиту компрессора. Контроллер самостоятельно принимает решение о снижении или повышении уставки перегрева, учитывая введенные огра-



Контроллер АК СС 550 для управления испарителем с электронным TRV

ничения и колебания фактического перегрева. Следовательно, такое решение позволяет добиться максимальной экономии электроэнергии по сравнению с двумя предыдущими.

Алгоритм адаптивного изменения уставки перегрева реализован во всех контроллерах производства Danfoss, предназначенных для управления испарителями с электронными TRV.

М.Ю. Катраев,
инженер отдела холодильной техники
ООО «Данфосс»

www.adapcool.com/russia