

Особенности эксплуатации регуляторов мощности РМ-2

Многолетний опыт успешной эксплуатации регуляторов мощности РМ-2 производства компании АК ИП-ДОН показал, что значительная часть потребителей не знакомы с теоретическими основами электротехники, или мало знакомы, или трактуют законы природы на свой лад. В связи с этим из-за дефицита специальных знаний у некоторых потребителей возникают “непонятки”. Ниже дается ответ на основные вопросы как это работает.

Теоретические основы регулирования мощности

В технологических процессах (например, дистилляция, ректификация, и др.) часто необходимо поддерживать заданную интенсивность нагрева для точного и равномерного поддержания нужной температуры. Такой процесс называется “регулирование мощности”, хотя на самом деле осуществляется управление напряжением, а уже через него — мощностью. Согласно закону Ома, на мощность имеют влияние напряжение и сопротивление: $P=U^2/R$ (где P — мощность, U — напряжение, R — электрическое сопротивление). Сопротивление проводника R в готовой собранной системе является величиной неизменной — по сути, это постоянная характеристика имеющегося ТЭНа, зависящая от его размера и материала. Для изменения мощности нагрева остается только изменять напряжение U , что и осуществляется прибором РМ-2 посредством симистора. Таким образом, регулятор-стабилизатор мощности РМ-2 фактически регулирует напряжение, поступающее на нагрузку, вследствие чего регулируется мощность.

Следует отметить, что на практике значение мощности P не имеет особой необходимости. В технологическом процессе важно добиться его стабильности, и не важно, что при этом отображают цифры на экране — мощность в Ваттах, или напряжение в Вольтах. Часто можно встретить формулировки и рекомендации “работа где-то в половину мощности”, “рабочая мощность 1000 Вт”, и т.д. Однако они все достаточно условны. С одной стороны, не может быть каких-то универсальных рекомендуемых значений, поскольку они зависят от множества индивидуальных факторов — начиная от номинальной мощности ТЭНов, их количества, конфигурации и размещения, от объема бака, его теплоизолированности, заканчивая качеством и характеристиками сырья, температурой окружающей среды и атмосферным давлением. С другой стороны, неточный выбор, установка напряжения на 3-4 вольта выше требуемого, может привести, например, ректификационную колонну к захлебу, либо к попаданию в отбор ненужных фракций, либо к замедлению процесса. Таким образом, как правило при эксплуатации регулятора мощности сначала экспериментально подбираются нужные значения подаваемого напряжения (на разных этапах технологического процесса, с конкретным оборудованием), а потом эти значения запоминаются и используются в следующих процессах. То есть, для управления интенсивностью процесса нет необходимости знать и видеть значение мощности — вместо этого нужно регулировать значение напряжения.

Какое напряжение необходимо подать на ТЭН, чтобы получить мощность X Ватт?

Если же по какой-то причине все-таки имеется необходимость в расчете именно значения мощности, то это легко сделать, используя закон Ома. Для начала нужно омметром замерять сопротивление ТЭНа.

Измерение сопротивления ТЭНа

Замерить это сопротивление мультиметром не проблема, но следует учитывать, что есть такое природное свойство проводников, как ТКС (температурный коэффициент сопротивления). С учетом этого реальное сопротивление при конкретной температуре будет иметь значение, которое можно вычислить с помощью формулы:

$$R = R_{\text{станд}} * (1 + \alpha * (T - T_{\text{станд}}))$$

, где R = сопротивление ТЭНа при температуре T ; $R_{\text{станд}}$ = сопротивление ТЭНа при температуре 20°C ; α = ТКС для конкретного проводящего материала (для нихрома α = от 0.00013 до 0.00017 и зависит от состава сплава); T = температура ТЭНа в рабочем состоянии; $T_{\text{станд}}$ = температура, при которой измерено $R_{\text{станд}}$.

Можно также замерить это сопротивление мультиметром после нагрева ТЭНа до необходимой температуры сразу после снятия с него питающего напряжения.

Но если нет возможности замерить сопротивление, то можно воспользоваться другим, менее точным способом. Как правило, на всех ТЭНах есть маркировка такого типа: “230 Вольт 3000 Ватт”. Это его номинальные мощность и напряжение, которые можно использовать в расчетах (причем номинальному напряжению следует также уделять внимание, так как в зависимости от производителя оно может варьироваться).

Далее, зная сопротивление ТЭНа или его номинальные мощность и напряжение, по закону Ома можно вычислить искомое напряжение:

$$U_1 = \sqrt{P_1 * R} = \sqrt{P_1 * \frac{U_{\text{ном}}^2}{P_{\text{ном}}}} = U_{\text{ном}} * \sqrt{\frac{P_1}{P_{\text{ном}}}}$$

где U_1 — искомое напряжение; $U_{\text{ном}}$ — номинальное напряжение; P_1 — мощность, которую нужно получить; $P_{\text{ном}}$ — номинальная мощность; R — сопротивление ТЭНа или другой подключаемой нагрузки.

ПРИМЕР. Есть ТЭН 220V 2500W, необходимо получить мощность 1000W. Искомое напряжение $U = 220 * \sqrt{1000/2500} = 139 \text{ V}$.

Данная формула используется только для расчета мощности активных нагрузок (ТЭНы, нагревательные элементы, и т.д.). При расчете мощности реактивных нагрузок (например, электродвигатели) следует пользоваться документацией соответствующего оборудования, либо подбирать экспериментально.

Еще раз отметим, что на практике необходимости в подобных расчетах не возникает: нужное напряжение подбирается экспериментально исходя из интенсивности протекания процесса.

Зачем стабилизировать мощность и как это происходит?

Большинство регуляторов напряжения являются простыми делителями: они уменьшают входящее напряжение в n раз. При этом изменение входного напряжения приводит к пропорциональному изменению выходного. А в таких технологических процессах, как дистилляция и ректификация, это недопустимо, ведь они должны протекать с постоянной интенсивностью. На практике процесс может длиться более суток, а напряжение в сети всегда нестабильно: могут присутствовать как резкие кратковременные скачки, так и волнообразное изменение в зависимости от времени суток. Именно поэтому необходим именно регулятор-стабилизатор мощности, который будет на выходе всегда выдавать стабильное напряжение.

Принцип работы регулятора-стабилизатора мощности РМ-2

Оцифровка амплитудного значения входящего напряжения производится 256 раз за период с измерением положительной и отрицательной полуволн. Далее по классической формуле вычисляется среднеквадратичное значение напряжения (оно же действующее или эффективное). Затем, предполагая что значение напряжения следующего периода будет таким же, как и предыдущего, специальная математика вычисляет угол отсечки для положительной и отрицательной полуволн таким образом, чтобы площадь обрезанных полуволн была равна среднеквадратичному напряжению на нагрузке, заданному потребителем в настройках прибора. Таким образом происходит и стабилизация выходного напряжения вне зависимости от входного, если заданное напряжение ниже входного. Если входное напряжение оказывается меньше заданного, оно попадает на нагрузку транзитом без изменений.

Почему напряжение на выходе РМ-2 не соответствует показаниям другого вольтметра?

Большинство недорогих вольтметров измеряет полное напряжение, считая что форма сигнала представляет собой правильную синусоиду 50 Гц. Однако отрегулированное напряжение на выходе из РМ-2 имеет неправильную форму, и для его адекватного измерения необходимо мерить среднеквадратичное, эффективное значение (True RMS), что могут только высококачественные приборы. РМ-2 отображает на экране и устанавливает именно эффективное напряжение, которое подается на нагрузку, и которое следует использовать в расчетах.

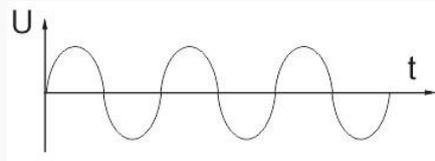
Подробнее об измерении напряжения TrueRMS

Регуляторы мощности РМ-2 измеряют и поддерживают на нагрузке среднеквадратичное (RMS) значение напряжения. Синонимы — эффективное значение или действующее. Это напряжение вычисляется микроконтроллером по классической формуле вычисления эффективного значения напряжения с дискретизацией 10 килогерц, что в новых моделях позволяет получить точность большую, чем один разряд после запятой.

$$U_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$

Несмотря на то, что в основном режиме исправный прибор показывает с высокой степенью точности напряжение (RMS), измеренное на нагрузке, люди пытаются

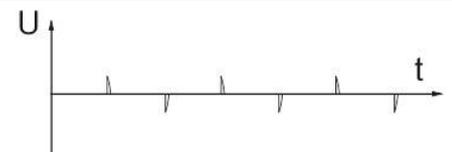
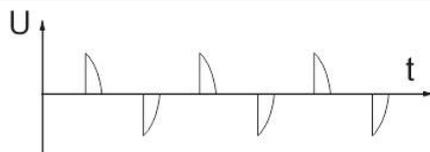
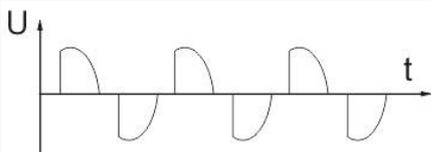
проверять это с помощью мультиметров и получают результаты очень далекие от ожидаемых. Дело в том, что большинство мультиметров не измеряют RMS-значений, когда выбран режим переменного тока. Тем не менее, они дают эффективные значения при измерениях переменного напряжения и тока. Но отображаемые значения действительны только для измерения синусоидального сигнала.



Простой прибор сначала выпрямляет измеряемый сигнал. Затем RC-фильтр нижних частот выделяет среднее значение, которое масштабируется таким образом, что прибор показывает эффективное значение. В виде уравнения:

$$U_{\text{псевдо RMS}} = \frac{1.11}{T} \int_0^T |u(t)| dt$$

Недостатком является то, что это подходит только для синусоидальных сигналов. Для любой другой формы сигнала будет получено ошибочное действующее значение. В нашем случае управление симистором фазовое, и соответственно напряжение на нагрузку поступает непредсказуемой формы, с бесчисленным количеством гармоник, и весьма далекое от синусоидального.



Таким образом, простым мультиметром можно измерить только входное напряжение источника питания на клеммах прибора, а также калибровать прибор при условии, что входное напряжение синусоида, что на практике не всегда так. Чтобы узнать эффективное значение напряжения на нагрузке обычно необходим специальный прибор, имеющий функцию True RMS (истинное среднеквадратичное значение) или, что гораздо проще и точнее, посмотреть на показания индикатора РМ-2.

Если же показаниям эталонного вольтметра не соответствуют показания входящего напряжения, то необходимо откалибровать вольтметр РМ-2 по известному напряжению.