

Испытательный стенд из лабораторного 9-амперного автотрансформатора

Алексей Зызюк, г. Луцк

Электрику часто приходится проводить ремонтные работы различного оборудования. Требуется проверять и налаживать всевозможную технику при различных питающих напряжениях. В данной статье рассказывается о лабораторном автотрансформаторе (ЛАТР), предназначенном для данной цели и оснащенном автономными измерителями тока и напряжения.

Использование ЛАТР не всегда удобно.

Во-первых, ЛАТР не имеет гальванической развязки с электросетью.

Во-вторых, неудобно пользоваться ЛАТРом, когда нужно к нему подключать амперметр и вольтметр.

Технику безопасности требуется соблюдать неукоснительно. Поэтому первую проблему решают применением разделительного трансформатора. Со второй задачей все уже не так просто, как может показаться на первый взгляд.

К примеру, любой сетевой трансформатор (СТ) после перемотки первичной обмотки (I) нужно проверять на величину тока «холостого хода» (I_{xx}). После разборки с последующей сборкой СТ ток I_{xx} может возрасти в несколько раз. Для маломощного СТ такое явление чревато сильным перегревом и отказом.

Амперметр ЛАТРа должен измерять ток в очень широких пределах. Причем нужен не индикатор тока (с большой погрешностью), а достоверный измеритель. Из-за этого и приходится «привязывать» к ЛАТРу два измерительных прибора (амперметр и вольтметр).

Использование цифровых мультиметров

Возникают проблемы и с использованием простых мультиметров в данном случае.

Например, простые цифровые мультиметры серии 8300 вовсе не предназначены для измерения переменного тока – в них есть только амперметр постоянного тока. Более дорогие цифровые мультиметры 8900 имеют только два поддиапазона для измерения переменного тока: 200 мА и 20 А. На пределе 20 А измерять ток до 100 мА проблематично. Переход на предел 200 мА, казалось бы, решает данную проблему. Однако даже кратковременное превышение тока (свыше 200 мА) таит в себе новый сюрприз. Перегорает штатный предохранитель, который установлен внутри мультиметров серии 8900. А ток через прибор скачком возрастает, например, при измерении I_{xx} в момент включения в сеть маломощного СТ. Для замены предохранителя нужно всякий раз разбирать тестер.

Кроме сказанного, для цифровых тестеров необходимо отдельное питание, гальванически не соединенное с контактами (выводами) самого ЛАТРа.

Чтобы избавиться от всех вышеперечисленных проблем, была изготовлена конструкция, схема которой показана на **рис. 1**. Собрав эту конструкцию, удалось навсегда избавиться от неприятных и надоедливых соединительных работ. Как видно из схемы, сам ЛАТР скромно

разместился в центре схемы, а его окружили новые приборы, делающие работу с ЛАТР более комфортной.

Ограничение пускового тока ЛАТР

Еще одно, что досаждало порядком, – это большой пусковой ток самого ЛАТРа. Он возникает при каждом подключении ЛАТРа к электросети. Решено было устранить и этот недостаток.

Система ограничения пусковых токов должна сама очень быстро самовосстанавливаться, иначе пропадание сети (глубокий «провал» напряжения) с его последующим появлением приведет к неготовности системы «плавного» пуска. Если алгоритм работы не предусматривает быстрого самовосстановления, то система сможет защищать ЛАТР только при первом подключении к электросети. Так как с этим нельзя смириться, то применили надежную схему на двух разных типах реле: К1 и К2.

Работает схема так. При поступлении напряжения на ЛАТР (через выключатель SA1) ток через обмотку ЛАТРа будет ограничен мощным резистором R5. Контакты реле К1.1 будут разомкнуты. Пока напряжение не поступит на обмотку этого реле (К1), ток обмотки ЛАТРа остается ограниченным. До тех пор, пока не сработает реле К2, напряжение на реле К1 поступить никак не может, поскольку своими нормально замкнутыми контактами К2.1 реле К2 шунтирует цепь питания обмотки реле К1. Резистор R4 служит для предотвращения подгорания контактов маломощного реле К2.1 во время коммутации конденсатора С3, имеющего значительную емкость.

Спустя некоторое время (примерно 1...2 с) реле К2 включается, размыкая контакты К2.1. Начинает заряжаться конденсатор С3. Через некоторое время включается и реле К1. Своими контактами оно замыкает ограничительный резистор R5, и ЛАТР оказывается подключенным к электросети полностью. Как только исчезает напряжение электросети, первым разряжается конденсатор С2, так как постоянная времени цепи К2R2C2 намного меньше постоянной цепи К1С3. Тут же замыкаются контакты К2.1. Через резистор R4 происходит экстренный разряд конденсатора С3. Таким образом, схема очень быстро подготавливается для повторного включения ЛАТРа.

Поскольку данный ЛАТР 9-амперный, то в цепи его первичной обмотки установлен предохранитель на ток 20 А. Для подавления нежелательных всплесков напряжения, параллельно обмотке ЛАТРа установлена демпфирующая RC-цепочка R6C4.

Амперметр и вольтметр

Они являются своеобразными изюминками данной схемы. Внешне все выглядит совсем просто, как для измерительных схем. Остановимся на амперметре. Он – с линейной шкалой. Шкала сохраняет свою линейность во всем диапазоне измерения токов – от 20 мА до 10 А.

Амперметр имеет три поддиапазона для измерения тока: 0...200 мА; 0...2 А и 0...10 А. Причем используется одна штатная (заводская шкала) измерительной головки.

Принцип измерения тока заключается в свойстве диодов в самой схеме мостового выпрямителя. Чем меньше сопротивление резистора R10–R12, тем меньше выходное напряжение мостового выпрямителя, соответственно, меньше и показания амперметра.

Изменяя сопротивление резистора, включенного между «+» и «-» мостового выпрямителя, мы расширяем диапазон измерений амперметра в сторону больших токов.

Вольтметр переменного тока практически линеен в диапазоне от 1 до 300 В. Это достигнуто благодаря применению кремниевого диода. Диод выведен из режима микротоков, где выпрямители с кремниевыми диодами показывают «что угодно» и работают при токах несколько миллиампер. Режим миллиамперных токов для диода задан резистором R7. Показания микроамперметра PV1 численно представляют собой уже напряжение в вольтах.

В данной схеме ограничения тока использовались разные типы реле. Если установлены конденсаторы C2 и C3 на рабочее напряжение 25 В, то реле должно надежно срабатывать при напряжении 15 В. Реле K1 типа РЭС-32, паспорт РФ4.500.335-02, все его контакты включены параллельно. При выборе типа реле учитывается ток нагрузки.

В качестве маломощного реле K2 использовалось РЭС-15. Паспорт РС4.591.001.

Диод VD5 может быть любого типа. Светодиод HL1 импортный, красного цвета свечения.

Мощные диоды VD7–VD10 также могут быть любыми кремниевыми. Чем они мощнее, тем лучше: меньше будут нагреваться при больших токах в нагрузке. В данной схеме к диодам VD7–VD10 предъявляется одно важное требование: они должны выдерживать максимальный ток нагрузки. В данном случае 9 А. Диоды размещены на одном общем пластинчатом радиаторе площадью около 100 см². Сюда хорошо подходят мощные

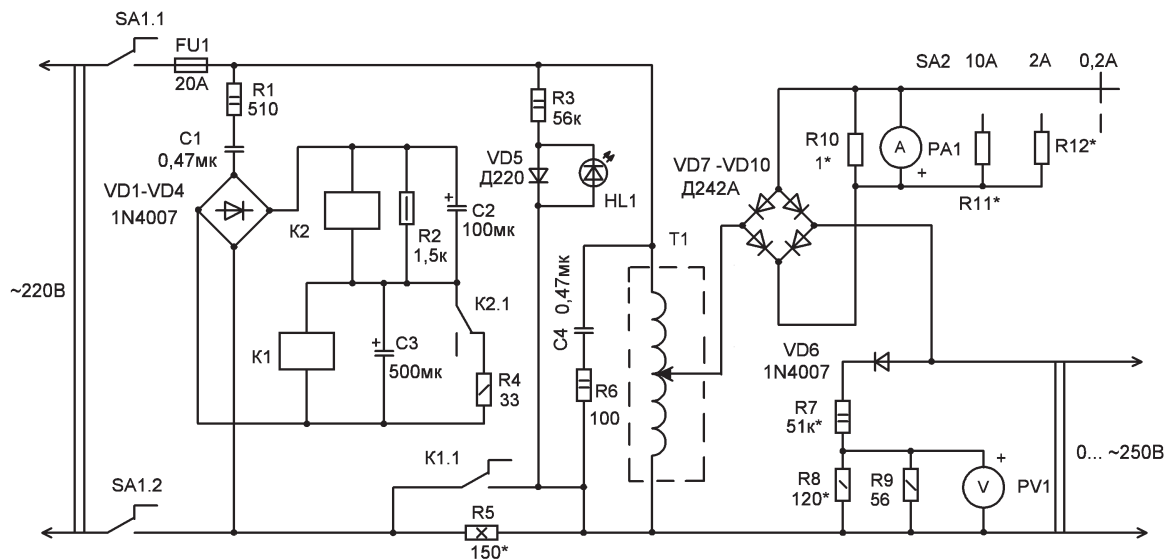


Рис. 1

В приборе использована 30 В головка вольтметра, рассчитанная исключительно на постоянный ток, которую приспособили для измерения переменного напряжения в пределах 0...300 В.

Детали

Резистор R5 – мощный проволочный. Его номинал выбирают исходя из максимального ограничения броска тока. Желательно в качестве R9 и R7 использовать прецизионные резисторы с допуском $\pm 5\%$. Это обеспечит долговременную стабильность показаний вольтметра.

Резистор R10 (1 Ом) мощный проволочный ПЭВ-7,5. В качестве мощных резисторов R11 и R12 использованы отрезки монтажных проводов. Их длину подбирали экспериментально. Остальные резисторы в схеме могут быть любого типа.

Электролитические конденсаторы также могут быть любого типа на соответствующее напряжение и емкость. Конденсаторы C1 и C4 – зарубежные типа МПТ-95. Вместо них можно применить и другие, например, К73-17, на напряжение 630 В или больше. Емкость конденсатора C1 ограничивает ток через обмотки реле. Этим определяется и выбор реле.

зарубежные диодные мосты, например, типа MB5010 (50 А, 1000 В).

Они очень удобны, так как для их крепления нужен всего лишь один винт М5 для установки на радиатор.

К диоду вольтметра VD6 требования жестче. Тут нужен диод на напряжение не менее 400 В и минимальный обратный ток. В связи этим был выбран диод типа 1N4007 (1 А, 1000 В).

О выборе измерительных головок

Автор использовал для амперметра головку типа М592-4, а для вольтметра – типа М4200. В данную схему допустимо устанавливать как менее чувствительные (единицы и десятки мА) головки, так и более чувствительные (микроамперные, на ток полного отклонения 50...100 мкА). При этом шунтами R8–R12 добиваются необходимых показаний стрелочных головок.

В качестве вольтметра подходит фактически любая головка на постоянный ток, определяемый резистором R7. Если ток отклонения головки несколько мА, то нужно удалить из схемы резисторы R8 и R9. Если этого недостаточно, то уменьшают и сопротивление резистора R7, увеличивая при этом его мощность.