

# Микропроцессорные реле защиты. Как они устроены?



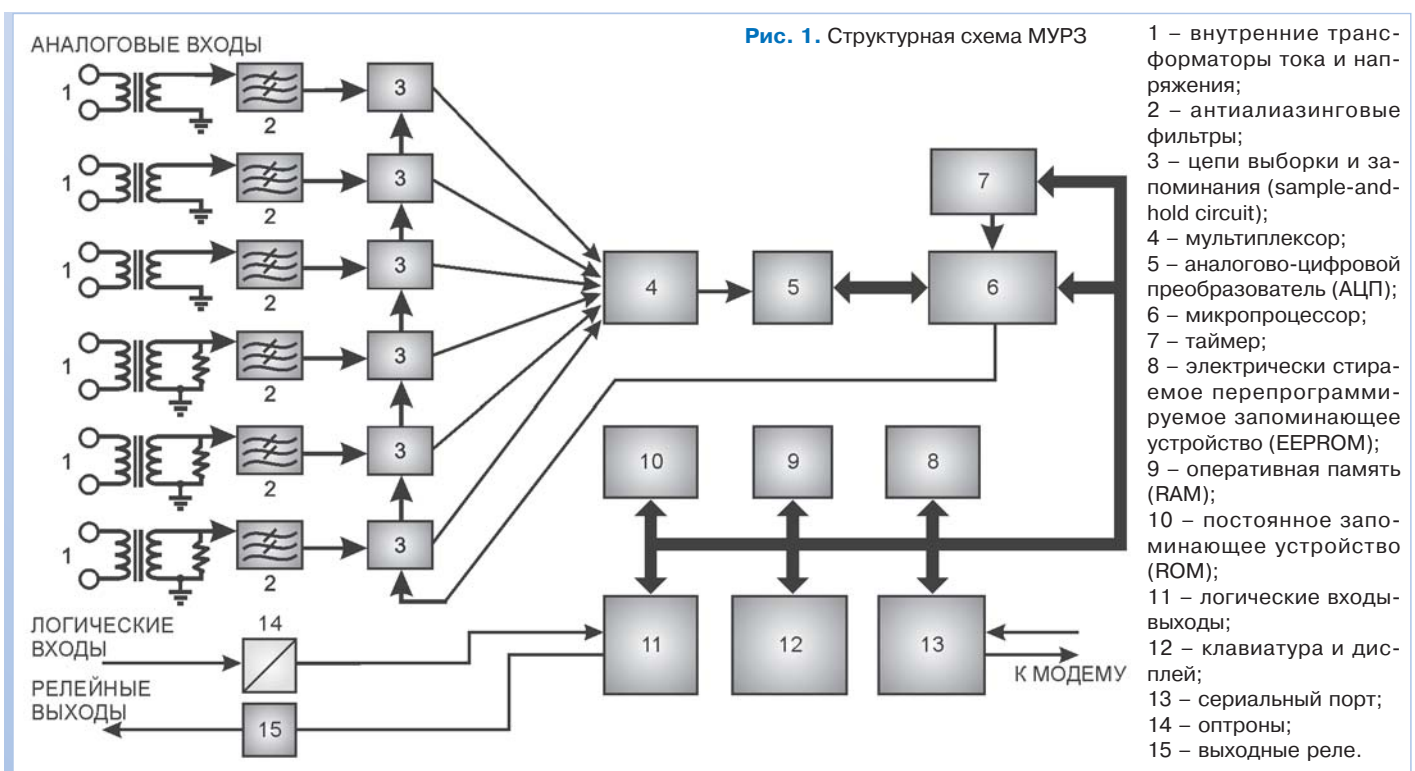
Микропроцессорные устройства релейной защиты (МУРЗ) появились на рынке в привычном сегодня виде около 20 лет тому назад и за прошедшее время серьезно потеснили все остальные виды реле защиты. Триумфальное шествие МУРЗ связано со многими причинами, главная из которых — сверхприбыль, получаемая производителями МУРЗ по сравнению с производством всех остальных видов защитных реле (электромеханических, полупроводниковых статических). Принцип действия и устройство современных МУРЗ очень сильно отличаются от защит других видов и имеют целый ряд специфических особенностей, знание которых является необходимым условием для правильного выбора и дальнейшей успешной эксплуатации МУРЗ. Доминирующее сегодня в среде специалистов-релейщиков отношение к МУРЗ, как к «черному ящику» с функциями релейной защиты отнюдь не способствует правильному выбору и успешной эксплуатации МУРЗ. Предлагаемый цикл статей автора призван помочь релейщикам, не являющимся специалистами в области электроники и микропроцессорной техники, восполнить существующий пробел и помочь правильно сориентироваться на обширном рынке устройств релейной защиты нового поколения.

В части 1 статьи рассматриваются общая структура и конструктивное исполнение МУРЗ, а также устройство аналоговых входов.

## Часть 1

### Общая структура и конструктивное исполнение МУРЗ

Основными узлами МУРЗ являются: блок аналоговых входов (трансформаторы тока и напряжения), входные фильтры (антиалиазинговые фильтры; цепи выборки и запоминания), мультиплексор, аналогово-цифровой преобразователь, микропроцессор, различные виды памяти, блок логических (цифровых) входов, блок релейных выходов, рис. 1.



Конструктивно МУРЗ представляют собой набор плоских модулей (печатных плат) представляющих собой различные функциональные узлы МУРЗ, размещенных в корпусах различных типов и размеров, рис. 2.

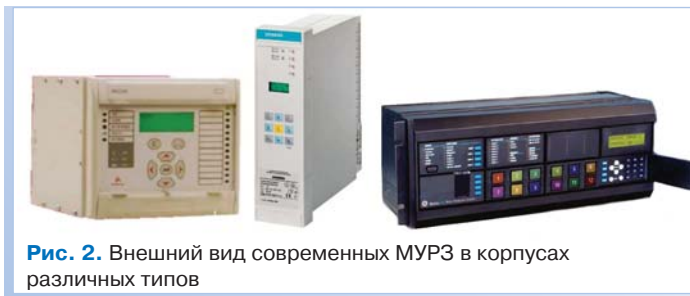


Рис. 2. Внешний вид современных МУРЗ в корпусах различных типов

Существует несколько конструктивных схем расположения печатных плат в корпусах МУРЗ. Одной из таких конструктивных схем является так называемый «этажерочный модуль», которая предусматривает расположение печатных плат одна над другой. Платы скрепляются между собой резьбовыми втулками, образуя единый конструктивный модуль, похожий на этажерку, рис. 3.



Рис. 3. Отдельные платы, из которых собирается трехэтажный этажерочный модуль реле LodTrack, (General Electric)

Этот модуль затем устанавливается внутри корпуса МУРЗ. Соединение между платами осуществляется посредством разъемов и плоского гибкого кабеля. Очевидным недостатком такой конструкции является невозможность замены отдельного модуля без демонтажа и разборки всего МУРЗ.

Еще одной разновидностью конструктивного исполнения МУРЗ является корпус типа «открытый куб», рис. 4. В этой конструкции три печатные платы образуют боковые и заднюю стенки, скрепленные между собой специальными угловыми разъемами и присоединенные к металлической лицевой панели, являющейся четвертой стенкой.

После сборки вся эта конструкция вставляется во внешний корпус.



Рис. 4. Конструкция «открытый куб» МУРЗ типа MPRS (ABB)

Наибольшее распространение получила конструкция с выдвижными платами, имеющая множество разновидностей, рис. 5.

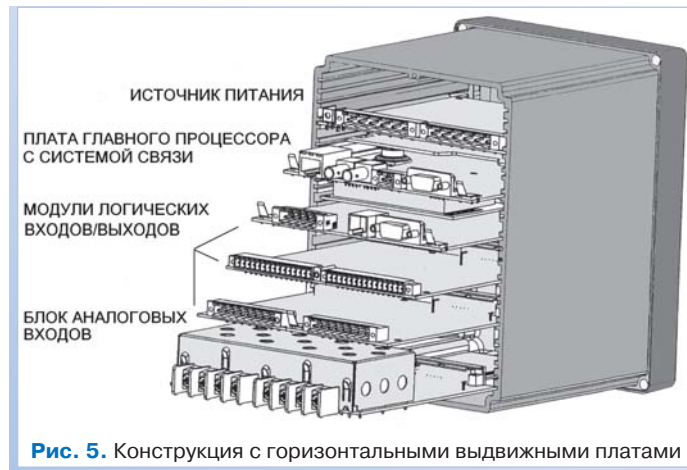


Рис. 5. Конструкция с горизонтальными выдвижными платами

Конструкция этого типа содержит алюминиевый корпус с направляющими, по которым в него вдвигаются отдельные (модули) печатные платы, из которых состоит МУРЗ.



Рис. 6. Различные конструкции МУРЗ с выдвижными платами



Рис. 6 г. Конструкция реле типа SIPROTEC 7U6 125 (Siemens)

Платы могут располагаться в корпусе вертикально или горизонтально. Еще одна дополнительная плата (так называемая «материнская плата») с набором разъемов расположена на дне этого корпуса. При выдвигании плат по направляющим в корпус МУРЗ выступающие на них разъемы входят в ответные части разъемов, расположенных на материнской плате и, таким образом, осуществляется соединение между платами.

В МУРЗ используется три типа материнских плат, в первом из которых материнская плата представляет собой лишь набор разъемов и печатных проводников, соединяющих их между собой (Рис. 6 а), во втором, на материнской плате расположен микропроцессор, АЦП, различные виды памяти и все сопутствующие им элементы (Рис. 6 б), а в третьем, роль материнской платы выполняет гибкий плоский многожильный кабель с разъемами, соединяющий между собой платы (рис. 6 г).

В некоторых не очень удачных конструкциях, рис. 7 приходится вынимать сразу несколько модулей для того, чтобы добраться до модуля с источником питания. А чтобы выдвинуть этот модуль для замены источника питания необходимо отпаять выводы всех трансформаторов тока от клеммника на задней панели, а потом опять припаять.

Довольно странную конструкцию имеют реле типа Т60, рис. 8. Реле этого типа состоят из отдельных втычных модулей, расположенных в общем корпусе. В отличие от всех остальных МУРЗ, в Т60 каждый модуль помещен в стальной кожух, из-за чего реле получилось тяжелым (килограммов 15, не менее).



Рис. 7. Корпус реле SEL-487 с частично вынутыми модулями (Schweitzer Engineering Laboratories)



Рис. 8. МУРЗ типа Т60 модульной конструкции (General Electric)

После вскрытия кожуха остается печатная плата с мощным разъемом на торце. Этот разъем имеет очень странную конструкцию и снабжен большим пластмассовым

кожухом, разделенным на крупные ячейки, внутри которых расположены электронные компоненты, выходные реле, варисторы, рис. 9.

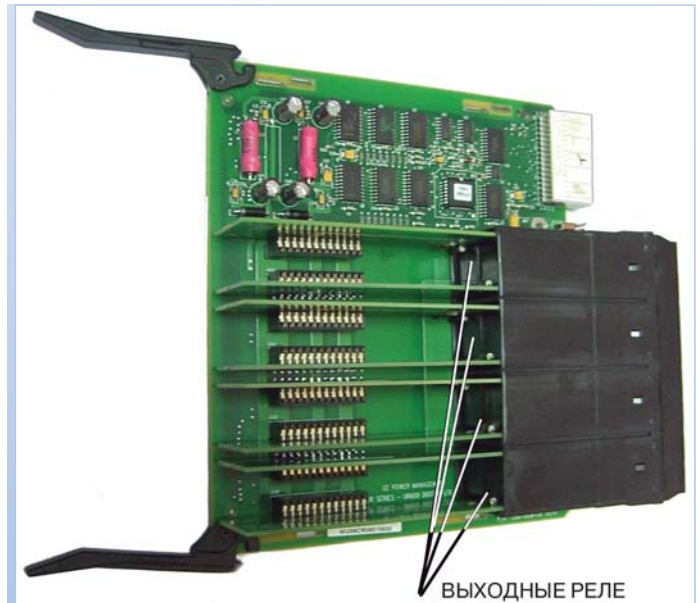


Рис. 9. Модуль выходных реле со снятым кожухом МУРЗ типа Т60. С какой целью выходные реле спрятаны в кожухе?

Этот кожух крепится на разъеме с помощью 8 пластмассовых защелок, по 4 с каждой стороны, которые должны открываться одновременно. Попытка открыть этот кожух сразу же привела к поломке одной из защелок, после чего мои попытки были прекращены. Никакой функциональной нагрузки этот пластмассовый кожух не несет и, по моему мнению, его единственное назначение — сделать реле неремонтопригодным.

МУРЗ этого типа снабжено как обычными электромеханическими, так и полупроводниковыми выходными реле, причем, как указано в его описании (Т60 Revision: 5.6х), полупроводниковые выходные реле снабжены специальными схемами «для мониторинга постоянного напряжения на открытых контактах и постоянного тока, протекающего через замкнутые контакты». Как будто все ясно и понятно... Но то, что было написано далее поставило меня в тупик: «Напряжение записывается в виде логической единицы, когда ток в цепи контактов превышает 1–2,5 мА и ток считается логической единицей, когда он превышает 80–100 мА». Более странное (мягко выражаясь) объяснение, трудно даже представить. Странность эта не только в тексте, но и в сущности технического решения. Во-первых, мониторинг возможен только на постоянном токе, что ограничивает его область применения. Во-вторых, ток нагрузки может быть очень маленьким (1–3 мА), например, ток логического входа другого МУРЗ, или чувствительных электромеханических промежуточных реле. Как будет в этом случае работать система мониторинга тока? Оказывается, разработчики этой системы учли такую возможность и предлагают потребителям включать параллельно контактам дополнительный внешний резистор. Для напряжения 48 В этот резистор рекомендуется выбирать сопротивлением 500 Ом и мощностью 10 Вт. Это довольно крупный резистор! Представляете, каким должен быть этот резистор для напряжения 220 В? И где его устанавливать? Об этом разработчики Т60 скромно умалчивают...

Еще одно «изобретение»: автоматическая очистка контактов (auto-burnishing) внешних реле, которые подают сигналы на логические входы Т60. Конструкторы озаботились тем, что при очень малых входных токах логических входов (менее 3 мА) и окисленных контактах внешних реле сигнал может «не пройти» через них. Для самоочистки этих контактов в Т60 установлены на входах специальные нелинейные

элементы (очевидно, что-то вроде позисторов), имеющих низкое сопротивление в обесточенном (холодном) состоянии и быстро повышающих сопротивление при приложении к ним напряжения (и повышении температуры). В результате, в первый момент после замыкания контактов внешнего реле, через них проходит ток 50–70 мА, который быстро снижается (в течение 25–50 мс) до 3 мА. Как будто, красивая идея. Но это только для тех, кто не очень хорошо разбирается в процессах на контактах. «Непроходимость» контактов в результате их окисления имеет место в слаботочных цепях с напряжением коммутации ниже 20–30 В. При более высоких напряжениях происходит пробой очень тонких окисных пленок и контакты, на вид черные и неприглядные, прекрасно проводят даже малые токи (фрикинг-эффект). Поэтому, для реальных напряжений эксплуатации МУРЗ проблема эта полностью надумана, а ее техническое воплощение совершенно бессмысленно.

### Модули аналоговых входов

Наиболее простыми в МУРЗ являются модули аналоговых входов, состоящие из набора трансформаторов тока и напряжения, рис. 10.



Рис. 10. Модули аналоговых входов, состоящие из набора трансформаторов тока и напряжения

Конструкция трансформаторов напряжения ничем не отличается от конструкции обычных маломощных трансформаторов. Трансформаторы тока содержат изолированную многовитковую вторичную обмотку, намотанную на каркасе и покрытую изоляционной пленкой. Первичная обмотка представляет собой несколько витков (обычно, 5 витков на номинальный первичный ток 1 А и 1 виток на номинальный ток 5А), намотанных поверх вторичной обмотки обычным многожильным изолированным монтажным проводом, рис. 10. Такой трансформатор представляет собой, факти-

чески, преобразователь тока в напряжение. Если в процессе эксплуатации МУРЗ возникает необходимость в изменении входного номинального тока аналоговых входов с 1 А на 5 А (или наоборот), то сделать это очень просто путем намотки (или, наоборот, смотки) нескольких витков провода. Никаких проблем в эксплуатации этот узел МУРЗ обычно не создает и является самой надежной его частью.

В большинстве типов МУРЗ этот набор трансформаторов выполнен в виде отдельного модуля, хотя встречаются и конструкции, в которых в этом же модуле размещены входные фильтры, аналого-цифровые преобразователи, и другие элементы предварительной обработки аналоговых сигналов, рис. 11.

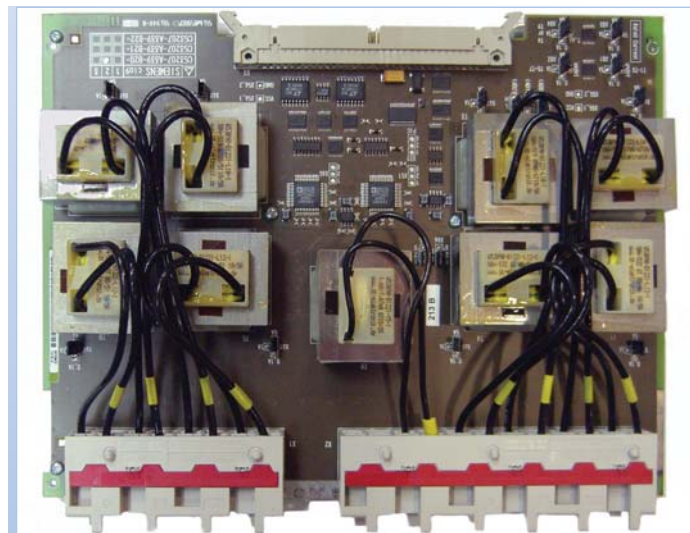


Рис. 11. Модуль аналоговых входов МУРЗ типа SIPROTEC 7U6125 (Siemens) содержащий электронные компоненты для предварительной обработки сигналов

В некоторых типах МУРЗ можно встретить миниатюрные тороидальные трансформаторы тока и напряжения капсулированные эпоксидным компаундом, рис. 12. Такая конструкция лучше защищена от воздействия влаги, но отвод тепла в ней затруднен. Кроме того, она является неремонтопригодной и в ней не возможно изменить коэффициент трансформации. Следует иметь ввиду, что при кажущейся более высокой надежности такой конструкции, ее реальная эксплуатационная надежность может быть даже ниже, чем у обычного не капсулированного трансформатора. Это связано не только с затрудненным отводом тепла, но и с внутренними механическими напряжениями в обмотках, возникающими в процессе отверждения и усадки эпоксидного компаунда. Такого рода проблемы проявляются, обычно, при наличии многовитковых обмоток, намотанных тонким проводом (как в трансформаторах напряжения).



Рис. 12. Модуль аналоговых входов с капсулированными трансформаторами тока на тороидальных сердечниках

**Продолжение в следующем номере**

**В. ГУРЕВИЧ, канд. техн. наук**