

Автор:
к.т.н. Гуревич В.И.,
 Центральная лаборатория
 Электрической компании,
 Хайфа, Израиль.



**Гуревич
 Владимир Игоревич**

Год рождения: 1956.
 В 1978 г. окончил факультет
 электрификации Харьков-
 ского национального техн.
 университета
 им. П. Василенко.
 В 1986 г. защитил канди-
 датскую диссертацию по
 специальности «Электри-
 ческие аппараты». Работал
 преподавателем Харь-
 ковского национального
 техн. университета
 им. П. Василенко; глав.
 инженером и директором
 Научно-технического
 предприятия «Инвертор»
 (г. Харьков). С 2007 г. – экс-
 перт комитета ТС-94 МЭК.
 В настоящее время – началь-
 ник сектора Центральной
 лаборатории Электрической
 компании Израиля.

К ВОПРОСУ О ФУНКЦИОНАЛЬНОМ ЗАЗЕМЛЕНИИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

В первом номере журнала «Релейная защита и автоматизация» за 2015 год была опубликована статья В. Ф. Ильина и Н. В. Ильина «Заземление в шкафах микропроцессорных защит», в которой рассмотрены вопросы эффективности функционального заземления (ФЗ) микропроцессорных устройств релейной защиты (МУРЗ). На основе выполненных исследований даются рекомендации по повышению эффективности ФЗ.

По признанию [1], «Заземление является самой плохо понимаемой темой в автоматизации... Решение проблем заземления в настоящее время находится на грани между пониманием, интуицией и везением». Поэтому появление статьи, посвященной заземлению в релейной защите и автоматике и повышению его эффективности, можно было бы только приветствовать. Но,

к сожалению, особого приветствия этой статье как-то не получается по ряду причин.

Во-первых, практическая рекомендация, представленная в статье на основе выполненных исследований: использовать многоточечный вариант заземления МУРЗ с использованием цельнометаллических элементов конструкции шкафа, как наиболее эффективный, далеко не нова и широко применялась (и применяется) на практике задолго до исследований авторов статьи и вне всякой связи с этими исследованиями, рис. 1.

В связи с чем возникает вопрос: какое же практическое значение имеет исследование, выполненное авторами, если полученные ими выводы давно известны и широко применяются на практике и зачем вообще понадобилось проводить подобное исследование с заранее известными выводами?

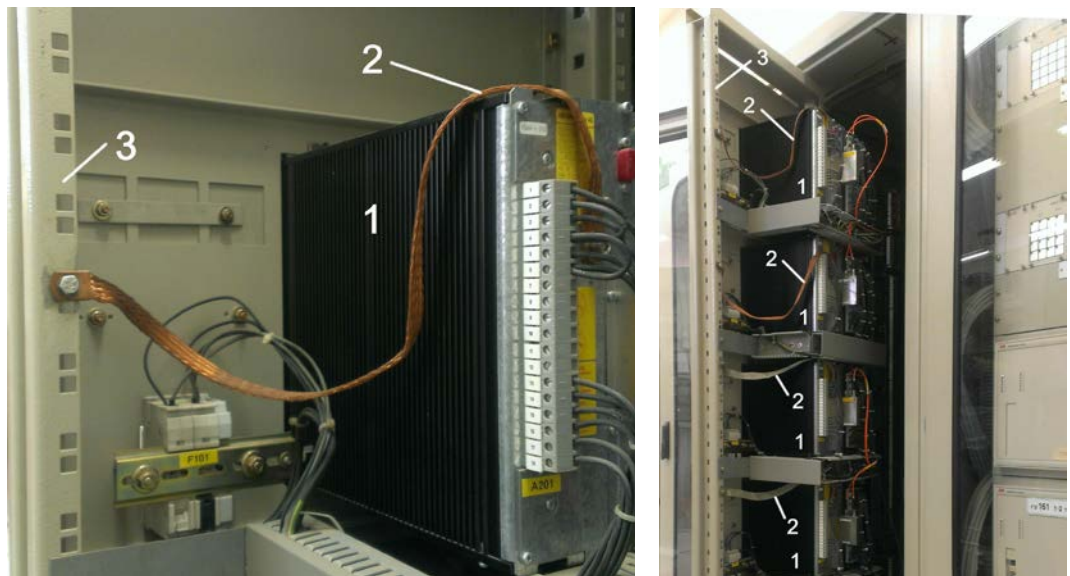


Рис. 1. Устройство многоточечного заземления МУРЗ, установленных в металлических шкафах, с использованием эквипотенциальной поверхности. 1 – МУРЗ в металлических корпусах; 2 – заземляющие медные шинки; 3 – элемент конструкции металлического шкафа, выполняющего роль эквипотенциальной поверхности



Во-вторых, «функциональное заземление» МУРЗ, которому посвящена статья, это отдельная тема и отдельная проблема, решение которой вовсе не так однозначно, как это представлено в статье.

Микропроцессорное устройство релейной защиты, основной функцией которого является обработка информации, поступающей на его входы (в виде токов, напряжений, логических сигналов), ее запоминание (внутреннее осциллографирование) и выдача результатов этой обработки в виде сигналов на его выходе, входит в область применения стандарта ГОСТ Р 50571.22, 2000 (IEC 60364-7-707, 1984) [2]. В соответствии с п. 3.14 этого стандарта, функциональным заземлением называется «заземление для обеспечения нормального функционирования аппарата, на корпусе которого по требованию заказчика не должен присутствовать даже малейший электрический потенциал (иногда для этого требуется наличие отдельного электрически независимого заземлителя)».

Соблюдается ли основное условие этого определения: «отсутствие даже малейшего электрического потенциала» на заземленном корпусе МУРЗ в реальных условиях эксплуатации РЗ, на подстанциях и электростанциях? По данным, представленным в [3], в ситуации, когда множество электрических аппаратов и отдельных устройств релейной защиты энергообъекта, расположены на значительном удалении друг от друга и заземлены в местах их расположения, неизбежно появление высокой разности потенциалов между точками заземления, которая при разрядах молнии может достигать до 10 кВ. Если два МУРЗ расположены на значительном расстоянии друг от друга и их порты связи соединены между собой через Ethernet (рис. 2), то это напряжение будет прикладываться к этим наименее защищенным от импульсов высокого напряжения узлам МУРЗ.

По причине низкой защищенности портов связи, они не испытываются (в отличие от остальных входов и выходов МУРЗ) повышенным импульсным

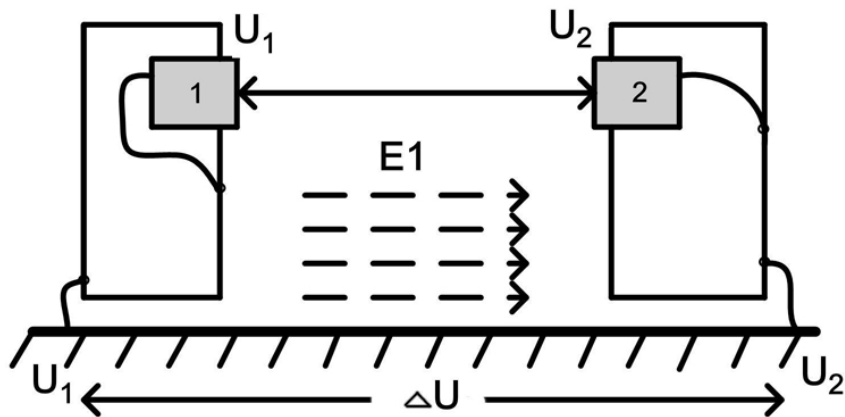


Рис. 2. Схема подключения двух МУРЗ (1 и 2), расположенных на значительном расстоянии друг от друга, с неизолированным каналом связи (витая пара и сеть Ethernet)

напряжением вообще (стандарты МЭК 60255-5, 60255-22-5) или испытываются пониженным напряжением (стандарты МЭК 60255-22-1, 60255-22-4). По свидетельству [3] уровень импульсных перенапряжений, возникающий при разрядах молнии, приложенный к изоляции цепей электронной аппаратуры превосходит в несколько раз принятые уровни устойчивости электронной аппаратуры промышленного назначения. И это при протекании тока молнии через систему заземления под действием обычных разрядов молнии. Но разряды молнии не единственный источник мощных электромагнитных воздействий на МУРЗ. В последнее время стала актуальной проблема защиты электроэнергетических систем от так называемых преднамеренных дистанционных деструктивных воздействий [4], наиболее мощным из которых является электромагнитный импульс высотного ядерного взрыва (ЭМИ ЯВ). Составляющая $E1$ ЭМИ ЯВ создается у поверхности земли импульс электрического поля с напряженностью, достигающей до 50 кВ/м [4]. Разветвленная система заземления играет роль огромной антенны для такого импульса, поглощающей энергию с большой площади и доставляющей ее через цепи заземления прямо к чувствительной электронной аппаратуре, включая МУРЗ.

С другой стороны, возникает вопрос о том, насколько вообще необходимо функциональное заземление МУРЗ? Ведь совершенно очевидно, что реально существующие системы заземления вовсе не являются эквипотенциальной поверхностью с нулевым потенциалом, который требуется для надежной работы электронных цепей и не играют роль обратного провода, необходимого для возврата каких-то сигналов к МУРЗ. Скорее, наоборот, в самых критических ситуациях, на которые она собственно и рассчитана, система заземления становится источником высоковольтных импульсов, прикладываемых к чувствительной электронной аппаратуре.

В ранних конструкциях МУРЗ, произведенных 20 и более лет тому назад, функциональные модули, расположенные на отдельных печатных платах, имели специальные зачищенные и покрытые слоем серебра участки печатных проводников, увеличенной ширины. Эти участки, при установке платы в корпусе, приходили в соприкосновение со специальными пружинами, обеспечивающими контакт этих печатных проводников с заземленным корпусом МУРЗ (рис. 3).

В современных конструкциях МУРЗ очень редко можно найти такие специальные ухищрения для выполнения функционального заземления.

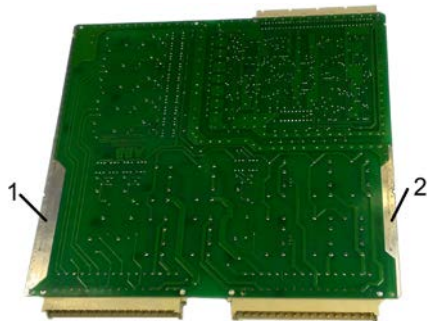


Рис. 3. Печатная плата МУРЗ с защищенными участками печатного монтажа (1 и 2), контактирующими с заземленным корпусом посредством специальной пружины

И это вполне оправдано, поскольку все входные и выходные цепи МУРЗ (за исключением портов связи) хорошо изолированы от земли и от других электроустановок: цепи питания - посредством трансформатора внутреннего источника питания, аналоговые входы – изоляцией внутренних трансформаторов тока и напряжения, логические входы – посредством оптронов, выходная цепь – изоляцией выходных электромеханических реле. К тому же, работоспособность внутренних электронных цепей МУРЗ никак не связана с наличием или отсутствием внешнего заземления. Что же касается эффективности защиты чувствительных электронных цепей МУРЗ от воздействия внешних электромагнитных полей с помощью металлического корпуса, призванного играть роль так называемой «клетки Фарадея», то эта эффективность никак не зависит от наличия или отсутствия заземления. То есть заземление корпуса МУРЗ никак не влияет на эффективность экранирующего эффекта корпуса. С другой стороны, если сигналы помех поступают на электронные цепи МУРЗ, расположенные внутри корпуса, по кабелям, то каким образом заземление его корпуса предотвратит воздействие этих помех (особенно помех дифференциального типа)? Ответ очевиден: никак! Более того, на основании вышеизложенного можно утверждать, что функциональное заземление корпусов МУРЗ лишь усугубляет ситуацию и снижает помехоустойчивость

релейной защиты, поскольку реальные уровни перенапряжений, которые могут прикладываться через цепи заземления к различным, даже хорошо изолированным внутренним цепям удаленных друг от друга МУРЗ, могут существенно превышать допустимые уровни, даже без учета портов связи с их ослабленным уровнем изоляции.

По утверждению [1] функциональное заземление невозможно рассматривать в отрыве от защитного заземления, не нарушая стандартов системы безопасности труда.

Позволим себе усомниться в справедливости такого утверждения и рассматривать эти два вида заземления как отдельные и независимые друг от друга. При таком подходе появляется возможность организации заземления МУР на новом принципе, который основан на рекомендации ГОСТ Р 50571.21- 2000 о повышении помехоустойчивости оборудования систем информационных технологий путем отделения этого оборудования от источников возмущения.

Поскольку в рассматриваемом случае таким источником возмущения

является функциональное заземление, то наше предложение заключается в отделении МУРЗ от него (рис. 4).

Согласно этому предложению, стальной контейнер 3 (рис. 4) с минимальным количеством отверстий разделен внутренней переборкой на две зоны: А - «грязную» и В - «чистую». Терминал МУРЗ в пластмассовом корпусе размещен в чистой зоне, свободной от электромагнитных излучений. Контейнер 3 снабжен дверцей 4, обеспечивающей доступ персонала к лицевой панели МУРЗ во время профилактических работ. Контейнер 3 заземлен с соблюдением всех традиционных норм и правил выполнения заземления, что обеспечивает соблюдение требований техники безопасности. При наличии достаточно большого расстояния между МУРЗ и внутренними стенками заземленного металлического контейнера, например, 5 - 7 см, паразитная емкость электронных цепей МУРЗ на землю будет очень незначительной и ее влиянием можно пренебречь. Что касается самого корпуса МУРЗ, то он должен быть тщательно изолированным (выполненным

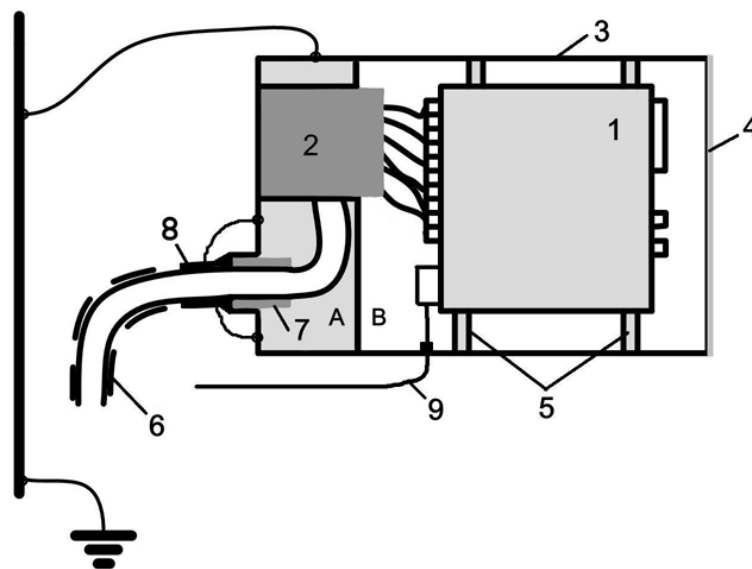


Рис. 4. Предлагаемый принцип компоновки МУРЗ, обеспечивающий повышенную устойчивость ко всем видам электромагнитных воздействий, включая ЭМИ ЯВ.

А - «грязный» отсек; В - «чистый» отсек; 1 - терминал МУРЗ в тщательно изолированном пластмассовом корпусе; 2 - фильтр ЭМИ ЯВ; 3 - стальной корпус; 4 - дверца стального корпуса; 5 - изоляторы; 6 - контрольный кабель с двойным экраном; 7 - проходной изолятор; 8 - металлическая муфта для сочленения оплетки кабеля со стальным корпусом; 9 - ВОЛС



из пластмассы), с принятием дополнительных мер по предотвращению выноса опасного потенциала на поверхность этого корпуса. Такими мерами могут быть: закрытие экрана дополнительной прозрачной пластмассовой панелью; вывод управляющих кнопок на поверхность корпуса через изоляционные проставки; подвод света со светодиодов на световое табло, расположенное на поверхности корпуса, через жесткие пластмассовые световоды; использование изолированного оптического порта для подключения внешнего компьютера к МУРЗ. В общем, это такие же простые приемы обеспечения безопасности, которые приняты при отсутствии заземления в ручных электроинструментах с так называемой двойной изоляцией и не представляют никакой особой сложности в их практической реализации.

Что касается снятия возможного электростатического заряда, который может накопиться на изолированном корпусе МУРЗ, то эта проблема может быть решена нанесением тонкого высо-

коомного полупроводящего покрытия на внутреннюю поверхность пластмассового корпуса и соединением ее с заземленным стальным корпусом через специальный высоковольтный (50 – 100 кВ) высокоомный (около 50 МОм) резистор. Электростатический заряд будет стекать на землю через такой резистор. Технология нанесения таких покрытий хорошо отработана и широко применяется в современной электронной аппаратуре. Компактные высокоомные резисторы на напряжение 50 – 100 кВ также не являются дефицитом и выпускаются многими компаниями, например, Caddock Electronics, Arcol, Ohmite, Welwyn Components и др.

По нашему мнению, предлагаемое техническое решение позволит обеспечить высокий уровень помехоустойчивости МУРЗ и в реально существующих сегодня естественных условиях эксплуатации, и в экстремальных условиях при воздействии ЭМИ ЯВ или других технических средств деструктивного дистанционного электромаг-

нитного воздействия [4]. При этом затраты на реализацию предложенного технического решения не будут какими-то неподъемными для электроэнергетики. Они могут быть даже существенно меньше, чем затраты на реконструкцию старой системы заземления на многих объектах электроэнергетики, не обеспечивающей нормальную эксплуатацию МУРЗ.

Литература

1. Денисенко В. В. Заземление в системах промышленной автоматизации // Современные технологии автоматизации. – 2006. - № 2. - С. 94 – 99.
2. ГОСТ Р 50571.22 Электроустановки зданий. Часть 7: Требования к специальным электроустановкам. Раздел 707: Заземление оборудования обработки информации, 2000.
3. Кузнецов М. Б., Матвеев М. В. Защита от вторичных проявлений молнии и обеспечение ЭМС МП аппаратуры на объектах нефтегазовой отрасли // Энергоэксперт. – 2007. - № 2. - С. 61 – 65.
4. Гуревич В. И. Уязвимости микропроцессорных реле защиты: проблемы и решения. – М.: Инфра-Инженерия, 2014. – 256 с.