

К.т.н., Сапа Владимир Юрьевич

Костанайский государственный университет им. А. Байтурсынова, Казахстан

Электромагнитная совместимости в современной электроэнергетике

Проблема электромагнитной совместимости (ЭМС) в последние 10–15 лет стала весьма актуальной не только в электронике, но и в электроэнергетике. Значительные электромагнитные поля на энергообъектах существовали всегда. Однако применявшиеся десятилетиями устройства автоматики, управления и релейной защиты электромеханического типа были мало подвержены такому влиянию, и никаких особых проблем с ЭМС не возникало. Последние два десятилетия характеризуются интенсивным переходом от электромеханических к микропроцессорным устройствам релейной защиты (МУРЗ) и автоматики в электроэнергетике. Переход этот осуществляется путем замены на суперсовременные электромеханических реле защиты (ЭМЗ) на старых энергообъектах, построенных 15-20 лет назад. Микропроцессорные устройства релейной защиты оказались весьма чувствительными к электромагнитным помехам, поступающим «из воздуха», по цепям оперативного тока, напряжения и трансформаторов. Алгоритм работы защит нарушался из-за работающего поблизости экскаватора, электросварки, молнии и некоторых других помех. В итоге объект запускали, используя комплект традиционных защит [1]. Отмечались случаи ложного срабатывания МУРЗ даже от мобильного телефона [2]. Неправильная работа релейной защиты по причине недостаточной ЭМС, составляет до 10% от всех случаев ложных срабатываний и касается только реле на микроэлектронной и микропроцессорной элементной базе [3]. Высокий процент случаев неправильной работы по причине недостаточной ЭМС вызван тем, что чувствительность к электромагнитным помехам МУРЗ на несколько порядков выше, чем у традиционных электромеханических защит. Степень повреждения зависит как от устойчивости каждого из компонентов схемы, так и от энергии мощной помехи в целом, которая может быть поглощена схемой без появления дефекта или отказа. Например, для электромагнитного реле с катушкой на напряжение 230 В переменного тока коммутационная помеха от индуктивной нагрузки с амплитудой 500 В вряд ли приведет к отказу реле в силу стойкости электромеханики и вследствие малой длительности такой помехи (в течение микросекунд). Иначе обстоит дело с микросхемой,

питающейся от источника 5 В постоянного тока. Импульсная помеха с амплитудой 500 В в 100 раз превышает напряжение питания этого электронного компонента и приводит к неизбежному отказу и последующему разрушению устройства [3].

Стойкость микросхем к перенапряжениям на несколько порядков ниже, чем электромагнитных реле [4]. Десять лет тому назад микросхемы транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ) содержали 10–20 элементов на квадратный миллиметр и имели типичное напряжение питания 5 В, но сегодня популярные микросхемы могут содержать почти сто транзисторов CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) на каждом квадратном миллиметре поверхности и имеют напряжение питания всего лишь 1,2 В. Новейшие технологии твердого тела, например SOS (Silicon-On-Sapphire), поднимают плотность элементов до 500 на одном квадратном миллиметре поверхности [6]. Для таких микросхем требуется более низкое напряжение питания. С повышением степени интеграции в микроэлектронике уменьшается устойчивость ее компонентов к высоковольтным импульсным перенапряжениям по причине уменьшения зазоров между электропроводящими элементами, утончения изоляционных слоев и снижения собственных рабочих напряжений полупроводниковых элементов [6].

Эффективной мерой борьбы с наведенными перенапряжениями на входах электронной аппаратуры и на ее зажимах питания является широкое использование элементов с нелинейной характеристикой: газовых разрядников, варисторов, специальных полупроводниковых элементов на основе стабилитронов и других устройств, включаемых параллельно защищаемому объекту и между каждой клеммой этого объекта и «землей» [7, 8, 9].

Наилучшими характеристиками обладают на данный момент резисторы с нелинейной характеристикой, выполненные из прессованного порошка оксида цинка ZnO – варисторы, которые и получили наибольшее распространение.

Выпускаются они сегодня в огромных количествах: без корпусов, в корпусах различных типов, часто снабжаются всякими вспомогательными элементами. Варисторы должны быть правильно выбраны. С одной стороны, варистор не должен пропускать через себя ток более 1 мА при максимальном рабочем напряжении, с другой – его напряжение срабатывания должно быть заметно меньше напряжения, выдерживаемого электронными компонентами

защищаемого оборудования. Из-за несовершенства ВАХ варисторов для выполнения этих условий максимальное выдерживаемое напряжение электронных компонентов, предназначенных для работы в сети 220 В, должно быть не менее 1000 В. Однако электронные компоненты на такое напряжение значительно дороже, чем низковольтные, а их другие характеристики хуже. Например, транзисторы на напряжение 1000–1200 В имеют значительно меньший коэффициент усиления и значительно большее падение напряжения в открытом состоянии, чем такие же транзисторы на напряжение 400–500 В. Поэтому довольно часто устанавливают, например, в источниках питания МУРЗ, регистраторов аварийных режимов и в другой электронной аппаратуре ведущих мировых производителей транзисторы с максимальным выдерживаемым напряжением 500 В, работающие непосредственно в цепи 220–250 В. Обеспечить защиту электронных компонентов варисторами при таком соотношении рабочего и максимально выдерживаемого напряжения просто невозможно [7, 8, 9, 10, 11, 12].

Современные тенденции развития техники и постоянно растущая уязвимость национальных инфраструктур (энерго- и водоснабжение, системы связи и т. д.) к электромагнитным воздействиям уже давно привлекли внимание ученых. В исследовательских центрах практически всех развитых стран мира ведутся интенсивные исследования и разработки в области электромагнитной совместимости.

Литература:

1. Прохорова А. Интеллект — наше главное конкурентное преимущество (интервью с генеральным директором ОАО ЧЭАЗ М. А. Шурдовым) // Оборудование, рынок, предложения, цены. 2003. № 4.
2. Шалин А. И. Об эффективности новых устройств РЗА // Энергетика и промышленность России. 2006. № 1.
3. Борисов Р. Невнимание к проблеме ЭМС может обернуться катастрофой // Новости электротехники. 2001. № 6.
4. Правосудов П. Trabtech — технология для защиты электрооборудования от импульсных перенапряжений // Компоненты и технологии. 2003. № 6.
6. Nailen R. L. How to Combat Power Line Pollution // Electrical Apparatus. Dec. 1984.
7. Шалин А. И. Об эффективности новых устройств РЗА // Энергетика и

промышленность России. 2006. № 1.

8. Кузнецов М., Кунгуров Д., Матвеев М., Тарасов В. Входные цепи устройств РЗА. Проблемы защиты от мощных импульсных перенапряжений // Новости электротехники. 2006. № 6.

9. Иванов П. Trabtech — технология для защиты электрооборудования от импульсных перенапряжений // Компоненты и технологии. 2003. № 6.

10. Moore G. E. Cramming more components onto integrated circuits // Electronics. Vol. 38. No. 8. 1965.

11. Nailen R. L. How to Combat Power Line Pollution // Electrical Apparatus. December 1984.

12. Matsumoto T., Kurosawa Y., Usui M., Yamashita K., Tanaka T. Experience of Numerical Protective Relays Operating in an Environment with High-Frequency Switching Surge in Japan // IEEE Transactions On Power Delivery. Vol. 21. No. 1. 2006.