ПРОБЛЕМА УЯЗВИМОСТИ К ПРЕДНАМЕРЕННЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

THE PROBLEM OF VULNERABILITY TO INTENTIONAL ELECTROMAGNETIC INFLUENCES OF MICROPROCESSOR DEVICES IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

УДК 002.304

Зацепина Виолетта Иосифовна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Электрооборудования», Липецкий государственный технический университет, Россия, г. Липецк

Шестаков Никита Сергеевич, студент, 4 курс, факультет «Автоматизации и информатики», Липецкий государственный технический университет, Россия, г. Липецк

Zatsepina Violetta Iosifovna

Shestakov N.S.

Аннотация

В статье рассматривается проблема влияния различного электромагнитного излучения на микропроцессорные устройства электроэнергетики. В настоящее время активно развивается тенденция цифровизации. Неотъемлемой частью цифровизации является переход от электромеханических устройств к микропроцессорным. Но вместе с этим увеличивается уязвимость системы к различным преднамеренным воздействиям негативного характера. В настоящее время уже известно множество различных способов электромагнитного воздействия на микропроцессорную аппаратуру. Более того , такие установки находятся фактически в свободной продаже.

Отсюда и возникает проблема возможных преднамеренных воздействий как на отдельные элементы подстанций, так и на всю энергосистему страны в целом.

Annotation

The article deals with the problem of the influence of various electromagnetic radiation on the microprocessor devices of the electric power industry. Currently, the trend of digitalization is actively developing. An integral part of digitalization is the transition from electromechanical devices to microprocessor devices. But at the same time, the vulnerability of the system to various deliberate negative impacts increases. Currently, many different methods of electromagnetic influence on microprocessor equipment are already known. Moreover, such installations are actually on the free market. Hence, the problem of possible deliberate impacts on individual elements of substations, as well as on the entire energy system of the country as a whole, arises.

Ключевые слова: электромагнитные воздействия, электроэнергетика, микропроцессорные устройства, импульс, помехи, защита, пучок, заряженные частицы.

Keywords: electromagnetic effects, electric power, microprocessor devices, pulse, interference, protection, beam, charged particles.

Последнее время все больше электромеханических защит меняются на микропроцессорные. Причем замена производится не только на строящихся подстанциях, но и на уже существующих в процессе их реконструкций. Однако МУРЗ проявляют тенденцию высокой чувствительности к электромагнитным помехам, поступающим извне. Такие помехи могут быть наведены цепями оперативного тока, трансформаторами, открытыми распределительными устройствами, воздушными линиями электропередач и другим силовым оборудованием. АСУ, РЗА, системы видео фиксации, охранные системы, аппаратура связи и многие другие попадают под электромагнитные воздействия, возникающие при различных ситуациях таких как короткие замыкания, переключения, удары молнии, и прочее. Из практики эксплуатации электрооборудования известны случаи ложного срабатывания

микропроцессорных релейных защит на действующих энергообъектах. Стабильная работа микропроцессорных устройств нарушалась даже из-за работы поблизости электросварки. В связи с этим одну из липецких подстанций не могли ввести в строй около полугода после приобретения новых микропроцессорных устройств релейной защиты. В итоге ввод в эксплуатацию стал возможен только использования комплекта электромеханических защит. Часто в процессе эксплуатации замыкание по стороне 110 кВ вызывало ложное срабатывание защиты по стороне 330 кВ. То есть электромагнитные помехи при коммутациях на одном классе напряжения вызывали срабатывания защиты на другом классе напряжения через цепи сигнализации и оперативных токов. Это обусловлено тем, что чувствительность МУРЗ на несколько порядков выше чем у электромеханических реле. К примеру, если для вывода из строя электромеханического реле необходимо 10^{-3} Дж, то для вывода из строя микросхемы необходимо всего 10^{-7} Дж.

Тенденция цифровизации и автоматизации давно привлекла к себе внимание военных. Поэтому в сфере военных технологий начали активно разрабатываться средства электромагнитного воздействия на различное оборудование. На данном этапе развития технологий преднамеренные электромагнитные воздействия делятся на: высотный электромагнитный импульс(ВЭМИ) и на преднамеренные электромагнитные помехи(ПЭМ).

ВЭМИ обладает особенно сильным поражающим действием. Это связано с тем что источником излучения в данном случае является высотный ядерный взрыв. Такой взрыв производится на высоте порядка 300 км и не оказывает практически никакого воздействия на человека. Однако воздействие сопровождающей его серии электромагнитных импульсов оказывает катастрофическое воздействие на всю электронную аппаратуру в зоне поражения. Стоит отметить что зона поражения в данном случае может достигать нескольких сотен километров. Многочисленные воздушные линии электропередач в данном случае становятся гигантскими антеннами собирающими, усиливающими всю электромагнитную энергию взрыва и

доставляющими ее напрямую к оборудованию энергообъектов. Поэтому один такой взрыв способен вывести из строя аппаратуру целой страны. В случае же широкого применения цифровизации и внедрения перспективной концепции интеллектуальной сети даже единичный высотный ядерный взрыв будет обозначать конец всей национальной энергетики. О электромагнитном импульсе сопровождающем ядерный взрыв было известно уже давно, однако особо активно разработки в этой сфере начались только в последнее время. В ходе исследований ВЭМИ в излучении было выделено три компонента.

Первая часть импульса самая короткая. Она обусловлена потоком электронов высокой энергии движущихся с около световой скоростью в атомах воздуха. Длинна такого воздействия может достигать одной микросекунды. Именно эта первая часть импульса является самой сильной. Столь короткий и мощный импульс вызывает очень высокие напряжения в электрических цепях. Разрядники, предназначенные для защиты от атмосферных перенапряжений, просто не успевают защитить оборудование и могут даже разрушиться.

Вторая часть импульса считается промежуточной. Она длится 0,1 - 1 мс и по своей структуре очень похожа на обычные электромагнитные импульсы атмосферного происхождения. Из-за сходства с молнией защита от такого воздействия элементарна и представляет из себя штатное оборудование, предназначенное для защиты от перенапряжений. Однако, когда вторая часть импульса идет в паре с первой возникает эффект наложения. Этот эффект заключается в том, что первая часть импульса разрушает аппараты защиты, а после этого в уже не защищенную цепь проникает вторая часть импульса.

Третья часть импульса по сравнению с первыми двумя очень продолжительная. Она длится до сотен секунд и обусловлена смещением в ходе взрыва и последующим восстановлением магнитного поля земли. По своей природе такое воздействие имеет большое сходство с геомагнитной бурей, вызванной мощной солнечной вспышкой. Как и геомагнитная буря третья часть импульса способна индуцировать в длинных проводниках значительные токи,

которые вызывают насыщение силовых трансформаторов, сопровождающееся ростом токов и как следствие перегорание обмоток.

В ряде стран начиная с восьмидесятых годов ведется разработка особого ядерного заряда с усиленным выходом ЭМИ. Однако несмотря на всю внушительную мощность и универсальность ВЭМИ разработки ведутся и в другом направлении – ПЭМ.

Преднамеренные электромагнитные помехи — это второй тип деструктивных электромагнитных воздействий, совершенно не связанных с ядерным взрывом. Существует несколько способов создания направленного мощного электромагнитного импульса. Основываясь на этих способах создаются различные по своему механизму работы установки. Так в основе самого первого способа лежал генератор Сахарова, который является сверхширокополосным и способен излучать диапазон от сотен мегагерц до сотен гигагерц. Позже появились различные магнетроны, рефлекс-триоды, клистроны, гиротроны, лампы обратной волны и многие другие. Все эти аппараты способны создавать мощные импульсы электромагнитной энергии в достаточно широком диапазоне частот. Физика их работы в общем основана на ускорении мощного потока электронов. Например, в виркаторах для возникновения импульса необходим стартовый ток до 10 кА. Длится такой импульс считаные наносекунды, а пиковая мощность воздействия достигает 40 ГВт.

Еще одним видом является «пучковое оружие». Его принцип работы основан на использовании узконаправленных пучков заряженных частиц. Экспериментально было установлено, что такой пучок почти без потерь распространяется в атмосфере по лазерному лучу. Наибольшую опасность такой вид электромагнитных преобразователей представляет потому, что, не смотря на их огромную мощность они имеют очень компактные размеры и могут быть смонтированы даже в кузове небольшого автомобиля. Уже сейчас существуют и находятся в продаже достаточно компактные генераторы мощных волновых пучков наносекундной и субнаносекундной длительностью с пиковой мощностью до 1000 МВт.

В ходе всего этого понятно, что современный энергетический комплекс наращивая цифровизацию, невольно ухудшает свою защищенность от внешних преднамеренных воздействий негативного характера. Поэтому необходимо активно разрабатывать и внедрять средства по защите энергосетей всех уровней напряжения от электромагнитных воздействий. В противном случае может произойти ситуация, при которой за считаные секунды выйдет из строя энергосистема всей страны.

Литература

1. Шапин А.И. Об эффективности новых устройств РЗА // Энергетика и промышленность России. 2006. №1. С. 65.
2. Гуревич В. Проблема электромагнитных воздействий на микропроцессорные устройства релейной защиты. [Электронный ресурс]. URL: https://clck.ru/SPbwu (дата обращения 2.04.2021).
3. Гуревич В. Устройство защиты релейной защиты. [Электронный ресурс]. URL: https://clck.ru/SPc3n (дата обращения 2.04.2021).
4. Борисов Р. Невнимание к проблеме ЭМС может обернуться катастрофой // Новости электротехники 2001. №6. С. 12.
5. Гамазин С. П. Обеспечение надежности электроснабжения и качества электроэнергии // Промышленная энергетика. 2006. №11. С. 51-56.
6. Верзилова А.С. Методика оценки влияния вариаций геомагнитно-го поля на работу микропроцессорных релейных защит // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2018. №6. С. 47-52.
7. Фоминич Э.Н. Защита микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики от воздействия мощных импульсных токов и напряжений естественного и искусственного происхождения // Технологии электромагнитной совместимости. 2010. №2. С. 57-64.

Literature

1. Shapin A.I. On the effectiveness of new relay protection devices // Energy and Industry of Russia. 2006. No. 1. P. 65.

2. Gurevich V. The problem of electromagnetic influences on microprocessor relay protection devices. [Electronic resource]. URL: https://clck.ru/SPbwu (date of access 2.04.2021).
3. Gurevich V. Device for protection of relay protection. [Electronic resource]. URL: https://clck.ru/SPc3n (date of access 2.04.2021).
4. Borisov R. Inattention to the EMC problem can turn into a catastrophe // News of electrical engineering 2001. №6. P. 12.
5. Gamazin SP Ensuring the reliability of power supply and quality of electricity // Industrial energy. 2006. No. 11. S. 51-56.
6. Verzilova A.S. Methodology for assessing the influence of variations in the geomagnetic field on the operation of microprocessor relay protection // Electrical equipment: operation and repair. 2018. No. 6. S. 47-52.
7. Fominich E.N. Protection of microprocessor relay protection and automation devices from the impact of powerful impulse currents and voltages of natural and artificial origin // Technologies of electromagnetic compatibility. 2010. No. 2. S. 57-64.