

## КОНТРОЛЬ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ИНФОКОММУНИКАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПО ЦЕПЯМ ПИТАНИЯ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Кишкурно Т.Ю.

Шатило Н.И. – к.т.н., доцент

Постоянное воздействие внутренних и внешних помех в электрических сетях общего пользования, возрастающая нагрузка в связи с увеличением числа абонентов и видов подключаемого оборудования приводит к усложнению помеховой ситуации в сетях и повышению требований к аппаратуре в отношении электромагнитной совместимости. В связи с этим, для стабильной работы инфокоммуникационного оборудования необходимо применение устройств защиты от сетевых помех. Для оценки эффективности разработанных мер защиты проводятся тестовые испытания оборудования на воздействие таких помех. Тестирование оборудования на устойчивость к помехам осуществляется с помощью имитаторов помех.

Постоянно возрастающая нагрузка электрических сетей в связи с увеличением числа абонентов и видов подключаемого оборудования приводит к усложнению помеховой ситуации в сетях и повышению требований к аппаратуре в отношении электромагнитной совместимости (ЭМС) по цепям питания [1].

Основными источниками помех в электрических сетях общего пользования являются:

- 1) аварийные режимы работы высоковольтных сетей электропередач;
- 2) коммутационные помехи при работе мощного технологического оборудования (электромоторы, аппараты сварки, а также природные явления, такие как гроза).

Энергия сетевых пиков может достигать значений единиц килоджоулей, а энергия разрушения современных интегральных микросхем составляет единицы – сотни микроджоулей, т.е. необходимо ослабление сетевой помехи, доходящей до интегральной микросхемы, на 7–9 порядков, что является сложной задачей.

Указанные обстоятельства требуют применения устройств защиты оборудования от сетевых помех. Оценить эффективность разработанных мер защиты позволяют тестовые испытания оборудования на воздействие таких помех. Тестирование оборудования на устойчивость к помехам осуществляется с помощью имитаторов помех. Типовая структура имитатора помех содержит 3 основных компонента:

- накопитель энергии;
- коммутатор;
- формирующая цепь, которая обеспечивает заданные параметры испытательных импульсов.

При формировании импульсов используют накопители в виде катушки индуктивности и в виде конденсатора, показанные на рисунке 1.

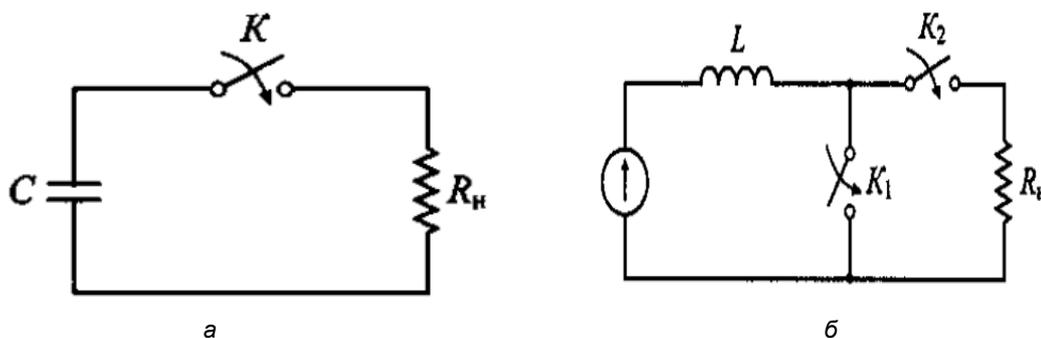


Рисунок 1 – Схемы накопителей энергии  
а – накопитель в виде конденсатора; б – накопитель в виде катушки индуктивности

Схема простейшего индуктивного накопителя энергии и изменение тока и абсолютного значения напряжения на индуктивности во времени показаны на рисунке 2.

При зарядке до момента  $t_1$  коммутатор  $K_2$  замкнут, от источника питания (ИП) течет нарастающий ток. Напряжение на индуктивности не превышает напряжения источника питания. При достижении необходимого тока (накопления энергии) зарядная цепь размыкается коммутатором  $K_1$ , а коммутатором  $K_2$  подсоединяется нагрузка. Накопитель разряжается на нагрузку. При активной постоянной нагрузке ток в ней падает по экспоненте с постоянной времени, определяемой значениями  $L$  и  $R_n$ . Напряжение на нагрузке, равное напряжению на индуктивности  $L$ , в момент коммутации скачком возрастает. При этом мощность, развиваемая в нагрузке, увеличивается по сравнению с мощностью источника питания. Плотность энергии магнитного поля, запасаемой в

индуктивных накопителях, на 2 порядка выше, чем плотность энергии электрического поля, запасаемая в конденсаторах или длинных линиях. Это обстоятельство является решающим при создании накопителей с большими энергиями. При энергиях выше  $10^6$  Дж индуктивные накопители становятся экономически более выгодными, чем емкостные (например, для термоядерных установок).

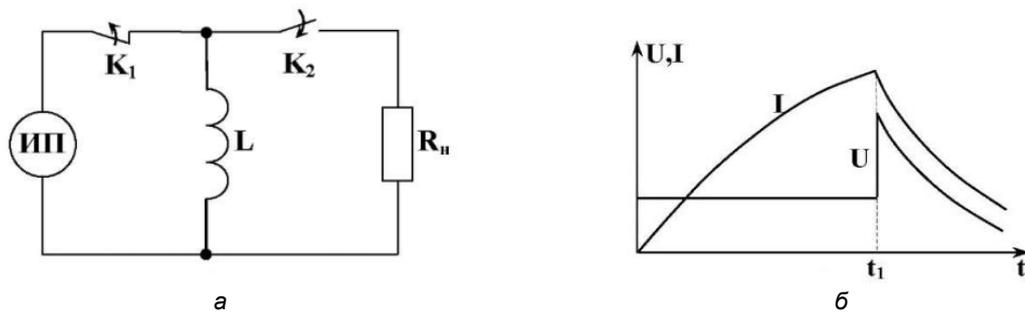


Рисунок 2 – Схемы индуктивного накопителя энергии  
а – схема индуктивного накопителя; б – изменение тока и абсолютного значения напряжения на индуктивности

Индуктивные накопители позволяют получить большую энергию испытательных импульсов, однако амплитуда сформированного импульса существенно зависит от сопротивления нагрузки, т.е. при малой нагрузке это приводит к пробоем оборудования, поэтому в имитаторах помех используют емкостные накопители, амплитуда в которых зависит от напряжения заряда конденсатора.

В качестве коммутаторов используют разрядники, тиристоры и транзисторы [2]. Диапазон амплитуды испытательного импульса находится в пределах от 500 до 5000 Вт (согласно ГОСТ) [3]. Эти высокие напряжения требуют применения высоковольтных тиристоров и транзисторов. У высоковольтных транзисторов широкая область коллекторного перехода, что снижает скорость переключения. В то же время допустимое напряжение коллектор-эмиттер составляет 800-1500 В, что ограничивает возможности применения транзисторов в импульсных имитаторах. Те же недостатки характерны и для тиристоров. Необходимость коммутации высокого напряжения так же требует широких р-п переходов, а для больших импульсов тока требуется большая площадь р-п переходов. Эти обстоятельства обуславливают большие значения паразитных емкостей р-п переходов, и, следовательно, малое быстродействие.

Более быстродействующими коммутаторами являются вакуумные разрядники. В имитаторах используются регулируемые и нерегулируемые вакуумные разрядники.

Имитатор импульсов с неуправляемыми вакуумными разрядниками требует включения на выходе частотно-компенсированных высоковольтных аттенюаторов, реализация которых представляет собой сложную техническую задачу. Такая схема реализована в имитаторах, выпускаемых в КБТЭМ объединения «ПЛАНАР». Они используют высоковольтные аттенюаторы фирмы STKEY (США).

Упрощение имитаторов может быть достигнуто при использовании управляемых вакуумных разрядников, включение которых осуществляется с помощью дополнительных электродов [4]. В этом случае пробой не зависит от уровня напряжения на накопителях и легко регулировать амплитуду напряжения, меняя заряд на накопителях. Недостатком таких накопителей является зависимость фронта включения от фронта управляющего сигнала.

**Список использованных источников:**

1. СТБ МЭК 61000-4-4-2014 Электромагнитная совместимость. Часть 4-4. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к наносекундным импульсным помехам.
2. Черепанов В. П., Хрулев А. К. Тиристоры и их зарубежные аналоги. Справочник. М.: Радиософт, 2002, т.2.
3. ГОСТ Р 51317.4.5 – 12 (МЭК 61000-4-5-11). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии. Требования и методы испытаний.
4. Алферов Д. Ф., Иванов В. П., Сидоров В.А. Управляемые вакуумные разрядники и коммутирующие устройства на их основе / Д. Алферов // Мощная импульсная электрофизика. – 2007. №8 – С. 15-17.