

Особенности построения импульсных преобразователей с гальванической развязкой

Александр Петрушенко

В настоящее время вопросы разработки, исследования и создания специальных статических преобразователей (СП) с гальванической развязкой, работающих в составе корабельных электроэнергетических систем и изделий специального назначения, выполненных на основе цифровой техники, являются весьма актуальными. Обеспечение качественным и безопасным питанием электрооборудования судов ставит перед проектировщиками задачу использования приборов с применением гальванической развязки.

Гальваническая связь — это когда имеется непосредственное соединение двух и более участков электрической цепи, а гальваническая развязка — это, соответственно, такая организация взаимодействия участков электрических цепей, при которой электрический контакт отсутствует. Использование гальванической развязки — одно из обязательных требований технических заданий на создание преобразовательной техники для обеспечения безопасности эксплуатации аппаратуры. Как правило, в силовой электронике в качестве развязки используют трансформаторы для силовой части и оптрона для управления.

Первичная обмотка трансформатора полностью изолирована от вторичной, поэтому между ними никаких токов возникнуть не может в принципе (кроме случаев пробоя), хотя разность потенциалов в обмотках может быть очень большой.

Таким образом, даже если вторичная обмотка гальванически связана с корпусом и, соответственно, с землей, никаких паразитных токов, опасных для оборудования и персонала, на корпусе не возникнет (рис. 1).

Одной из особенностей работы высокочастотных трансформаторов является наличие индуктивности рассеяния в обмотках, которую можно представить в идеальном трансформаторе как последовательно подключенную индуктивность. И так же, как в любом индуктивном элементе, происходит накопление энергии. При работе инвертора и, в частности, открытии одного из транзисторов энергия, накопленная в индуктивности рассеяния, не передается в нагрузку, приводя к возникновению высоковольтных всплесков в первичной обмотке трансформатора и в ключе. Кроме того, эта энергия вызывает высокочастотный колебательный процесс в контуре, состоящем из эффективной емкости открытого ключа, индуктивности первичной обмотки и индуктивности рассеяния трансформатора (рис. 2).

Если пиковое напряжение всплеска превысит напряжение пробоя переключающего элемента, силового транзистора или диода, это приведет к выходу из строя всего устройства. Более того, колебания высокой амплитуды вызывают сильные электромагнитные помехи.

Для ограничения всплесков напряжения можно использовать различные ограничительные (снаб-

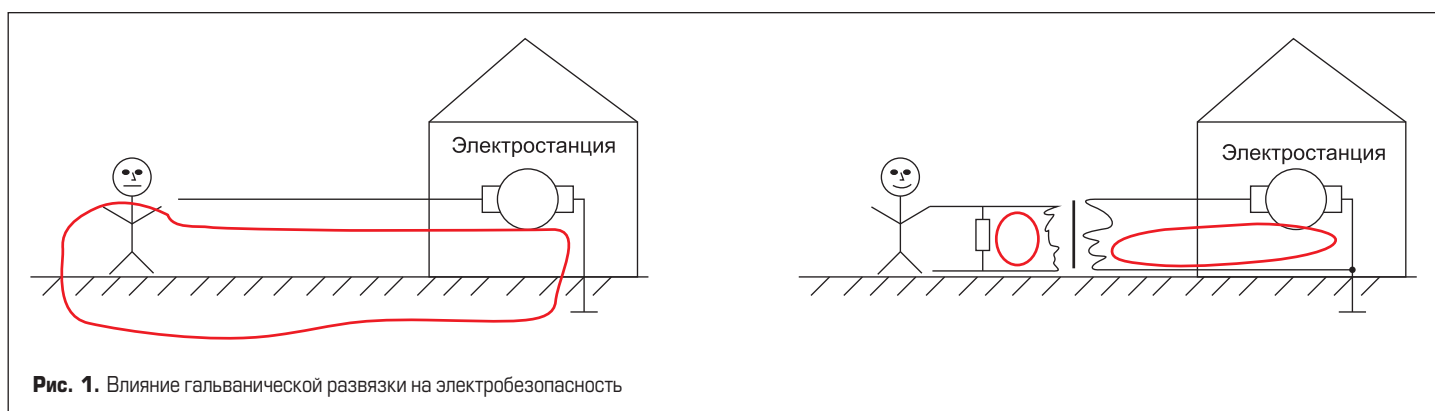


Рис. 1. Влияние гальванической развязки на электробезопасность

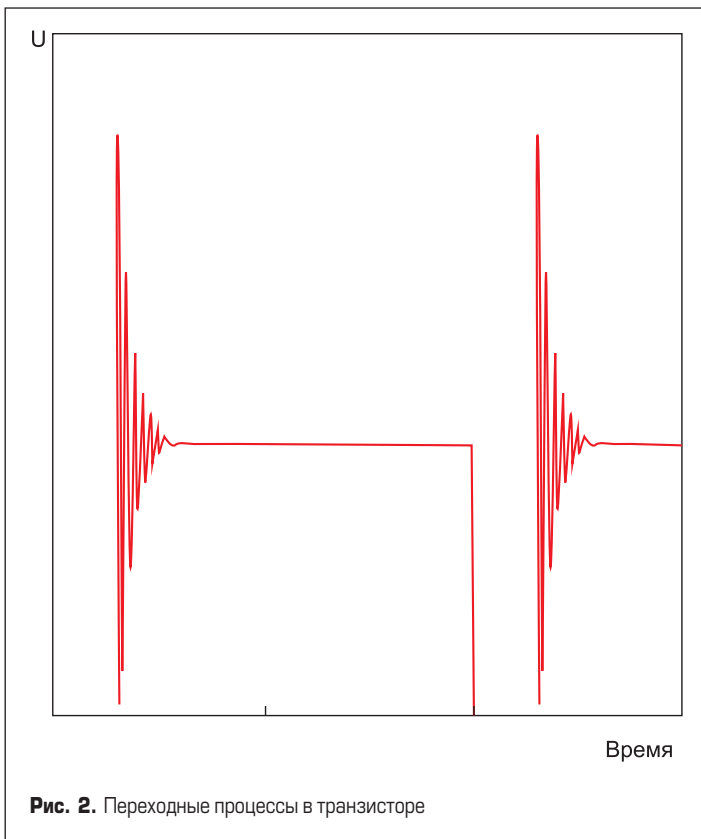


Рис. 2. Переходные процессы в транзисторе

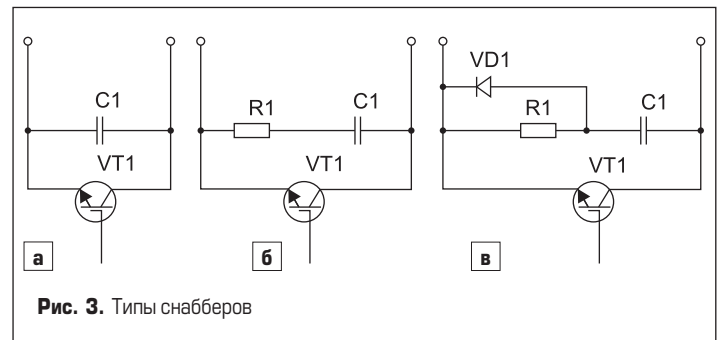


Рис. 3. Типы снабберов

увеличивается и энергия, запасенная в индуктивности рассеивается, причем увеличивается в квадратичной зависимости. Следовательно, применение пассивных снабберов не представляется возможным ввиду их больших габаритов.

Применение активного снаббера поможет в решении данной проблемы. Особенность его в том, что энергия импульса (выброса) «закачивается» в емкость C1 и в момент открытия ключа VT1 «скачивается» из емкости в общую сеть, тем самым увеличивая КПД и сохраняя часть энергии (рис. 4).

К сожалению, применение подобных снабберов также имеет определенные ограничения. Как показывает опыт создания статических импульсных преобразователей и мировая практика, предел применения подобного снаббера ограничивается мощностью преобразователя порядка 20–25 кВт из-за увеличения энергии «выброса» и необходимостью увеличения номиналов активных элементов, что влечет за собой необоснованное увеличение габаритов оборудования и его стоимости.

Задача создания мощных импульсных преобразователей с гальванической развязкой в настоящее время является очень актуальной, ее решение необходимо для развития качественного и безопасного корабельного оборудования.

Продолжение следует

берные) схемы, которые позволяют рассеивать энергию, накопленную в индуктивности рассеяния:

- применение стабилитронов (диодов Зенера);
- простейший снаббер (рис. 3а) — импульсный конденсатор малой емкости, установленный параллельно переключающему элементу;
- RC-снаббер для снижения потерь в паразитном колебательном контуре снаббера (рис. 3б);
- RCD-снаббер для разделения цепей заряда и разряда конденсатора и ограничения разрядного тока (рис. 3в);
- активный снаббер для разделения ограничения заряда и разрядных токов посредством управляемых силовых элементов.

В настоящее время в основном используются пассивные C-, RC-, RCD-снабберы и стабилитроны, но применение их возможно только в относительно узком диапазоне мощности преобразователей и аппаратуры питания от единиц ватт до 1–2 кВт. Хотя в настоящее время в кораблестроении требуется преобразовательная техника более высокой мощности (до нескольких десятков киловатт) для обеспечения работы отдельных корабельных систем. И как уже стало понятным, создать импульсный преобразователь с гальванической развязкой мощностью более 2–3 кВт — задача не самая простая. С увеличением мощности преобразователей увеличивается и ток, протекающий в обмотках трансформатора, соответственно,

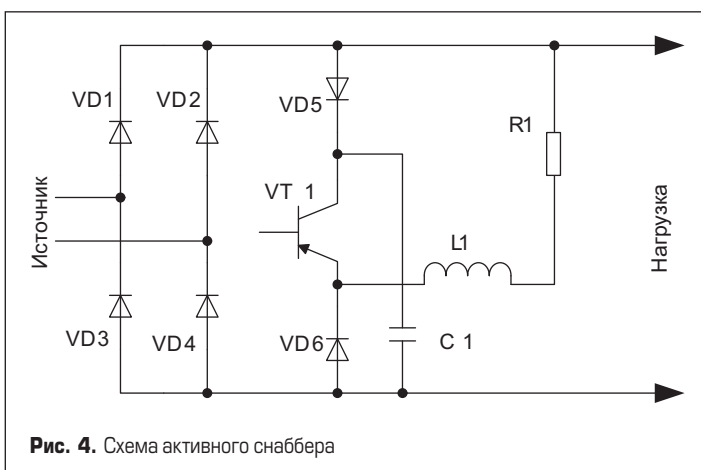


Рис. 4. Схема активного снаббера