Pro измерения и «привидения»

В. И. Гуревич, канд. техн. наук

Электронные измерительные приборы с цифровой обработкой информации и цифровым индикатором (ЦИП) имеют неоспоримые технические преимущества перед электромеханическими аналоговыми стрелочными измерительными приборами (АИП). Эти преимущества, а также резкое удешевление их производства в последние годы привели к тому, что сегодня они почти полностью вытеснили АИП из всех областей применения.

Одним из преимуществ ЦИП является значительно меньшая мощность, потребляемая измерительной цепью прибора. Если в АИП эта мощность затрачивалась на преодоление сопротивления пружины и приведения в движение механической системы со стрелкой, то энергия, необходимая для работы ЦИП, потребляется от вспомогательного источника: встроенной батареи, сети переменного тока и т.п., а входной сигнал используется лишь в качестве источника информации об измеряемой величине. Эти различия между двумя типами измерительных приборов обуславливают и значительную разницу в величине их входного сопротивления.

Так, например, если входное сопротивление электромеханического вольтметра составляло сотни Ом – единицы килоом, в лучшем случае – несколько десятков килоом, то в типовом цифровом вольтметре эта величина составляет единицы – десятки мегаом, то есть в тысячу раз больше.

Совершенно очевидно, что чем больше входное сопротивление измерительного прибора, тем меньшее влияние оказывает этот прибор на измеряемую цепь. При входном сопротивлении в десятки мегаом появилась возможность использовать такие приборы для измерения напряжений в работающих устройствах микроэлектроники при их наладке и ремонте, что совершенно недопустимо для АИП с низкоомными входами. Однако ЦИП получили широчайшее распространение не только для измерений в маломощных цепях микроэлектронной аппаратуры, где они являются незаменимыми, но также и в качестве рабочего инструмента электриков, монтеров, наладчиков, работающих с силовыми электроустановками: электроприводами, распределительными шкафами и т.п., а также и с силовыми электроустановками, в составе которых имеются микроэлектронные блоки: зарядно-подзарядные устройства, агрегаты бесперебойного питания, устройства промышленной автоматики и т.п.

В связи с расширяющимся применением ЦИП для измерений в силовых электроустановках появляется все больше сообщений о неадекватном поведении этих приборов, в частности, в диапазоне измерения переменных напряжений. Очень часто эти приборы выдают результаты измерения напряжений в десятки, а то и сотни вольт в цепях, где таких напряжений быть не может в связи с реальной физической конфигурацией этих цепей. И если напряжение в 100-200 В переменного тока, измеренное ЦИП между фазой сети и кастрюлей с водой, мирно сто-

ящей на изолированном столе, можно отнести к разряду фокусов и демонстрировать друзьям как шутку, то электрикам, работающим с такими приборами, явно не до шуток, когда они регистрируют такие напряжения в отключенных и обесточенных цепях. Да и не только в обесточенных. При измерении с помощью ЦИП уровня пульсаций выходного напряжения нескольких зарядно-подзарядных устройств (то есть содержание переменного тока в выпрямленном постоянном токе) во время приемо-сдаточных испытаний, вся партия была забракована по той причине, что измеренное значение пульсаций в десятки раз превосходило допустимое по техническим требованиям. Как оказалось впоследствии, виновниками были не зарядно-подзарядные устройства, а измерительные приборы с высоким входным сопротивлением.

Рис. 1. Внешний вид мультиметров некоторых типов с функцией измерения напряжения при пониженном входном сопротивлении

При входном сопротивлении в единицы-десятки мегаом цифровые вольтметры в диапазоне переменного тока оказываются чувствительными к внешним электромагнитым полям, токам утечки через нормальную изоляцию (нормальной считается изоляция с сопротивлением не менее 1 Мом), емкостным токам между изолированными проводами и частями электроустановок и т.п. Такие не реальные напряжения, регистрируемые ЦИП, получили названия «ghost voltages» (слово ghost переводится как призрак, привидение).

При измерении с помощью ЦИП уровня пульсаций выходного напряжения нескольких зарядно-подзарядных устройств во время приемо-сдаточных испытаний вся партия была забракована по той причине, что измеренное значение пульсаций в десятки раз превосходило допустимое по техническим требованиям. Нереальные напряжения, регистрируемые ЦИП, получили названия «ghost voltages» (слово ghost переводится как призрак, привидение).

Некоторые производители ЦИП быстро оценили всю опасность, таящуюся при использовании их приборов в силовых электроустановках, и выпустили на рынок многопредельные приборы со специальной дополнительной функцией, используемой при измерениях переменных напряжений в таких электроустановках. У разных производителей эта функция обозначается поразному: ZLOW, LowZ, LoZ, но суть ее одна и та же: измерение напряжения при искусственно сниженном входном сопротивлении (low impedance function). Многопредельные приборы, позволяющие производить измерения переменных напряжений в диапазоне и с высоким входным сопротивлением, и с низким входным сопротивлением, называются мультиметрами с двойным импедансом (dual impedance multimeters). Среди них можно отметить приборы типов 114 – 117, 289 (FLUKE); C. A. 5233 (Chauvin Arnoux).

К сожалению, прекрасные во всех отношениях приборы серии 114 – 117 фирмы FLUKE в положении LoZ снабжены автоматическим выбором рода напряжения (переменное или постоянное) и его диапазона. Это не позволяет использовать приборы для оценки пульсаций переменного тока выпрямителей и зарядно-подзарядных устройств, поскольку эти пульсации имеют амплитуду в доли вольта, тогда как номинальное выходное напряжение постоянного тока составляет 220 – 240 В. В такой ситуации прибор автоматически будет отфильтровывать переменную составляющую как помеху. В приборах типа 289 (FLUKE) и U1272A (Agilent) имеется возможность ручного выбора рода напряжения и измерения отдельно постоянного и переменного напряжения в режиме низкого входного сопротивления. Однако эти приборы – не просто мультиметры, а очень «навороченные» устройства с множеством дополнительных функций, имеющие и высокую стоимость.

Единственными простыми и недорогими мультиметрами, с функцией измерения напряжения при низком входном сопротивлении и ручным выбором режима измерения, найденными нами, являются приборы типов С.А. 5231 и С.А. 5233.

Еще одной важной отличительной особенностью приборов именно этого типа является величина входного сопротивления. У этих приборов она составляет 270 килоом, тогда как у приборов перечисленных выше типов 2-3 килоома. Такое низкое (2-3 килоома) сопротивление при измерении напряжения может создать проблемы в маломощной измеряемой цепи, вплоть до ее повреждения, о чем недвусмысленно напоминается в инструкции по эксплуатации этих приборов. Сопротивление 270 килоом с этой точки зрения намного без-

Рис. 2. Устройство и внешний вид простейшего переходника для устранения фантомных напряжений

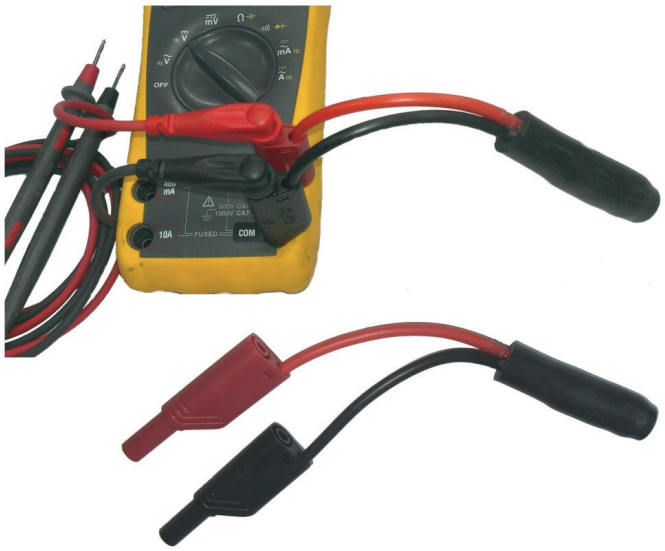

Рис. 3. Упрощенный вариант переходника для устранения фантомных напряжений, не содержащий открытых токоведущих частей

опаснее и не требует особых предосторожностей при использовании приборов.

Недостатком этих приборов является то, что функция LoZ реализована в них только для переменного тока. Это вполне логично, так как влияние фантомных напряжений проявляется только на переменном токе. Вот только если в напряжении постоянного тока содержится составляющая переменного тока (довольно распространенное явление в системе постоянного тока на подстанциях и электростанциях), то измерение напряжения постоянного тока прибором с большим входным сопротивлением будет недостаточно точным из-за влияния фантомных напряжений переменного тока, которое искажает результат измерения постоянного тока.

Проблема эта становится хорошо заметной при настройке выходного напряжения мощных зарядно-подзарядных агрегатов на холостом ходу. Здесь помогли бы приборы с автоматическим выбором рода измеряемого напряжения и предела измерения, упомянутые выше, которые автоматически «отсекают» фантомные напряжения, значительно меньшие по величине, чем напряжение постоянного тока. Но, в конце концов, не таскать же с собой несколько довольно дорогих мультиметров для того, чтобы применять тот или другой из них в разных обстоятельствах.

В этой связи значительно более удобным, универсальным, да и более доступным решением проблемы может быть изготовление простого самодельного переходника к существующим цифровым мультиметрам любого типа с двумя гнездами, двумя штырьками-бананами и резистором, включенным параллельно входным гнездам (рис. 2). Рекомендуемая величина сопротивления должна быть в пределах 50-100 кОм, мощность резистора 7 Ватт. Все элементы переходника должны быть помещены в прочный пластмассовый корпус, надежно защищающий от прикосновения к элементам, находящимся под напряжением.

Еще более простым и дешевым вариантом является приставка, показанная на рис. 3.

В этой приставке резистор вместе с двумя короткими отрезками гибкого изолированного провода красного и черного цвета изолирован с помощью термоусаживающегося изоляционного колпачка с внутренним клеевым слоем, например, типа ENC-22/ADH, производимого компанией Raychem. Такие колпачки предназначены для изоляции и герметизации концов кабелей.

Специальный состав, выделяющийся на внутренней поверхности колпачка при нагревании, заполняет все свободное внутреннее пространство и надежно герметизирует его. Концы проводов снабжены однополюсными соединителями, содержащими защищенный штырек-банан и защищенную розетку каждый, например, типа LAS S WS rot, производимые компанией Hirschmann. В этой конструкции нет открытых частей, которые из-за ошибки персонала могли бы оказаться под напряжением.

Во многих случаях такой миниатюрный переходник будет самым лучшим решением проблемы.

Более удобным, универсальным, да и более доступным решением проблемы может быть изготовление простого самодельного переходника к существующим цифровым мультиметрам любого типа.