ISSN 2223-5167

Интернет-журнал «Науковедение»

№ 6 (19)

2013

www.naukovedenie.ru

Зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
ЭЛ №ФС77-39378 от 05.04.2010.

Входит в Перечень российских рецензируемых научных журналов, утвержденный Высшей аттестационной комиссией (ВАК РФ).

Все статьи, опубликованные в журнале, размещаются в базе данных Российского индекса научного цитирования

Учредитель – НОУ ВПО ИГУПИТ

Главный редактор – д.э.н., профессор Кирсанов К.А.

Ответственный редактор – к.э.н., доцент Алимова Н.К.

E-mail - article@naukovedenie.ru

УДК 004.3

Белов Сергей Павлович
ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет приборостроения и информатики»
Россия, Москва
Аспирант
E-Mail: Sergey.belov@list.ru

Методика вычисления мощностей и тестирования промежуточных устройств локальных вычислительных сетей

Аннотация: На текущий момент производители промежуточных устройств локальных вычислительных сетей (например, коммутаторов, маршрутизаторов) не всегда указывают минимальную и максимальную мощности своих продуктов. Так как эти устройства широко распространены в мире, а в организациях могут исчисляться сотнями экземпляров, правильная оценка их энергопотребления могла бы дать экономию материальных средств.

Для определения минимальной и максимальной мощностей необходимо разработать специализированную методику расчета. Существующие на данный момент методики тестирования коммутаторов обладают ограниченными возможностями, имеют низкую точность измерений или неприменимы к современному миру. Предлагаемая в данной статье новая методика имеет научный подход и позволяет получить следующие основные параметры устройства: средняя и максимальная скорости передачи данных, минимальная и максимальная мощности устройства, надежность, телеметрические данные об энергопотреблении. Предусмотрено несколько режимов тестирования, дающие возможность получения дополнительных параметров: КПД адаптера питания, надежность адаптера питания, мощность в режиме холостого хода с подключенными портами, мощность в хаотичном режиме обмена данными, мощность в режиме целенаправленного обмена данными.

Данное исследование произведено для повышения качества и скорости локальных вычислительных сетей, участвующих в обслуживании систем электронного документооборота. Методика апробирована в государственной организации, позволив выбрать оптимальную марку и модель неуправляемого коммутатора.

Ключевые слова: Коммутатор; тестирование; методика; локальная вычислительная сеть; электронный документооборот; мощность; энергопотребление.

Идентификационный номер статьи в журнале 195TVN613

Sergey Belov
Moscow state university of instrument engineering and computer science
Russia, Moscow
Sergey.belov@list.ru

The method of the testing intermediate device of local computing network

Abstract: For the current moment of the producers intermediate device local computing networks (for instance, commutator, router) not always indicate minimum and maximum power of their own products. Since these device broadly wide-spread in the world, in organization can be numbered hundred copy, correct estimation their power consumption could give spare material facilities.

For determination minimum and maximum powers necessary to develop the specific methods of the calculation. Existing on given moment of the methods of the testing commutator possess the limited possibility, have poor accuracy of the measurements or inapplicable to modern world. Proposed in given article new methods has a scientific approach and allows to get the following main parameters a device: average and maximum send rate data, minimum and maximum power device, reliability telemetry given about power consumption. It is provided several modes of the testing, enabling receptions additional parameter: COE adapter of the feeding, reliability of the adapter of the feeding, power in mode of the castrated move with connected port, power in chaotic mode exchange data, power in mode of the goal-directed exchange data.

Given study is made for increasing quality and velocities of the local computing networks, participating in servicing the systems of the electronic document processing. The methods is approved in state organization, having allowed to choose the optimum mark and model of the uncontrolled commutator.

Keywords: Commutator; testing; methods; local computing network; electronic document processing; power; power consumption.

Identification number of article 195TVN613

Промежуточные устройства локальной вычислительной сети – посредники при передаче информации от компьютера к компьютеру: *управляемые коммутаторы (УК), неуправляемые коммутаторы (НК), настраиваемые коммутаторы (НаК), маршрутизаторы (М), точки доступа (ТД)* [1]. В настоящее время в России действует множество устройств такого типа, проблема энергосбережения при их использовании поднималась на научно-практической конференции МГУПИ [2]. Было доказано:

- производители не пишут максимальную и минимальную мощность своей продукции **[3]**;
- длительный период использования приобретенных промежуточных устройств ЛВС, совместно с ошибкой приобретения при незнании мощностей, порождает существенную переплату организацией за электроэнергию (периоды оценивались исторически, ввиду высокой надежности устройств [3] и отсутствии необходимости в смене технологий [4]).

В связи с этим была поставлена задача разработать методику, обеспечивающую получение реальных значений энергопотребления. Дальнейшая доработка данной методики позволила получить значительно большее количество характеристик промежуточных устройств ЛВС. Ее использование возможно не только для НК, УК и НаК, но и для ТД и М. За основу методики взята методика тестирования УК, опубликованная в журнале КомпьютерПресс [5].

Унифицируем методику Пахомова С., Леонова В, чтобы ее можно было использовать для любого коммутатора и для более широкого спектра задач (например, оценка надежности коммутатора). В качестве тестируемого промежуточного устройства ЛВС рассматривается 8-портовый НК. Отличие НК от УК [6]:

- наличие паразитного трафика, когда на один порт коммутатора приходит пакет данных и рассылается по всем остальным включенным портам;
- отсутствие механизмов по преобразованию данных (например, сжатие пакетов).

Так как есть необходимость максимальной загрузки всех портов коммутатора, пункты методики «режим чтения» и «режим записи» необходимо исключить. При записи на один компьютер несколькими компьютерами невозможно максимально загрузить все используемые порты: на порт сервера будет поступать 1000Мб/с, а с каждого из семи оставшихся портов – менее 1000Мб/с.

Для максимальной загрузки всех портов коммутатора необходимо заменить сервер на *автоматизированное рабочее место (АРМ);* разбить АРМ, подключенные к коммутатору, на пары и организовать передачу данных именно между АРМ внутри каждой пары. Таким образом, в унифицированной методике появляется пункт «режим максимальной нагрузки». Данный пункт оптимален для УК, т.к. в этом случае пары АРМ будут воздействовать именно между собой, без порождения паразитного трафика.

Пункт методики «полнодуплексный режим» следует переименовать в «хаотичный режим», т.к. в момент обращения всех АРМ к одному компьютеру не получится достичь равномерного распределения скорости по портам (примерно 143Мб/с); внутри коммутатора будет идти конкурирующая борьба семи портов за скорость передачи информации.

В методику стоит добавить «режим целенаправленного обмена», когда в коммутатор подключено только 2 АРМ, и с одного АРМ на другое передается файл большого объема. Это позволит замерить максимально возможную скорость коммутатора. Максимальная скорость коммутатора зависит от множества причин, в т.ч. качества коннекторов и длины кабеля, поэтому их марки и длину стоит учитывать.

Унифицированную методику можно дополнить механизмами тестирования энергопотребления и надежности коммутатора. Механизмы включают в себя замеры потребляемой мощности и корректность работы коммутатора при предельных нагрузках на адаптер питания.

Для тестирования нужно использовать:

- резистор с малым сопротивлением (менее 0.5Ом) и высокой мощностью (более 1Вт). Используется для получения разности потенциалов на его концах (падения напряжения). Резистор позволит математически рассчитать потребляемую мощность устройством в текущий момент времени. Для выбора резистора рекомендуется использовать современные справочники С.Б. Шмакова [7] и А.И. Аксенова [8] (например, «С5-16МВ 2» - 0.3 Ом ± 5%, 2 Вт). Малое сопротивление необходимо для повышения точности измерения падения напряжения, высокая мощность – для уменьшения нагрева резистора в процессе эксплуатации (сохранение его заявленных характеристик);
- компьютер с платой *аналогово-цифрового преобразования* сигналов *(АЦП),* программа для работы с платой АЦП. Используются для получения разности потенциалов на концах резистора за определенный интервал времени (результаты телеметрии);
- компьютеры для тестирования пропускной способности коммутатора в различных ситуациях. Количество тестовых компьютеров должно быть равно количеству портов коммутатора. Теоретическая скорость сетевых карт должна быть равна или превышать теоретическую скорость портов коммутатора. Теоретическая скорость накопителей компьютеров должна быть равна или превышать теоретическую скорость сетевых карт. Данные, передаваемые между компьютерами, должны представлять собой один не фрагментированный файл большого объема; чтобы исключить время поиска, которое требуется считывающей головке на перемещение к нужной позиции при обработке нескольких файлов [9];
- программа Total Commander (или любая другая программа, способная выводить на экран и/или записывать в файл текущую скорость передачи информации). Используется для передачи данных между компьютерами и вывода на экран текущей фактической скорости передачи. Total Commander используется как альтернатива программе IOmeter: показывает реальную скорость передачи данных, а не скорость передачи при конкретно задаваемых размеров блока данных и прочих идеализирующих ситуацию параметров;
- источник питания. Используется для питания коммутатора без участия его адаптера питания (проверка работоспособности платы устройства);
- кабель LPT. Представляет собой дешевую альтернативу кабеля к плате АЦП ввиду схожести конструкции контактов. Из кабеля извлекаются 2 провода с металлическими контактами, которые будут подключаться к плате АЦП;
- мультиметр. Используется для сравнения расчетных параметров мощности с фактическими, им измеряемыми; а также для реальной оценки сопротивлений внутри электрической цепи;
- *лабораторный автотрансформатор (ЛАТР).* Используется для подачи минимального и максимального напряжения на адаптер питания коммутатора; а также для расчета реального КПД адаптера питания.

Схема тестового стенда выглядит следующим образом:

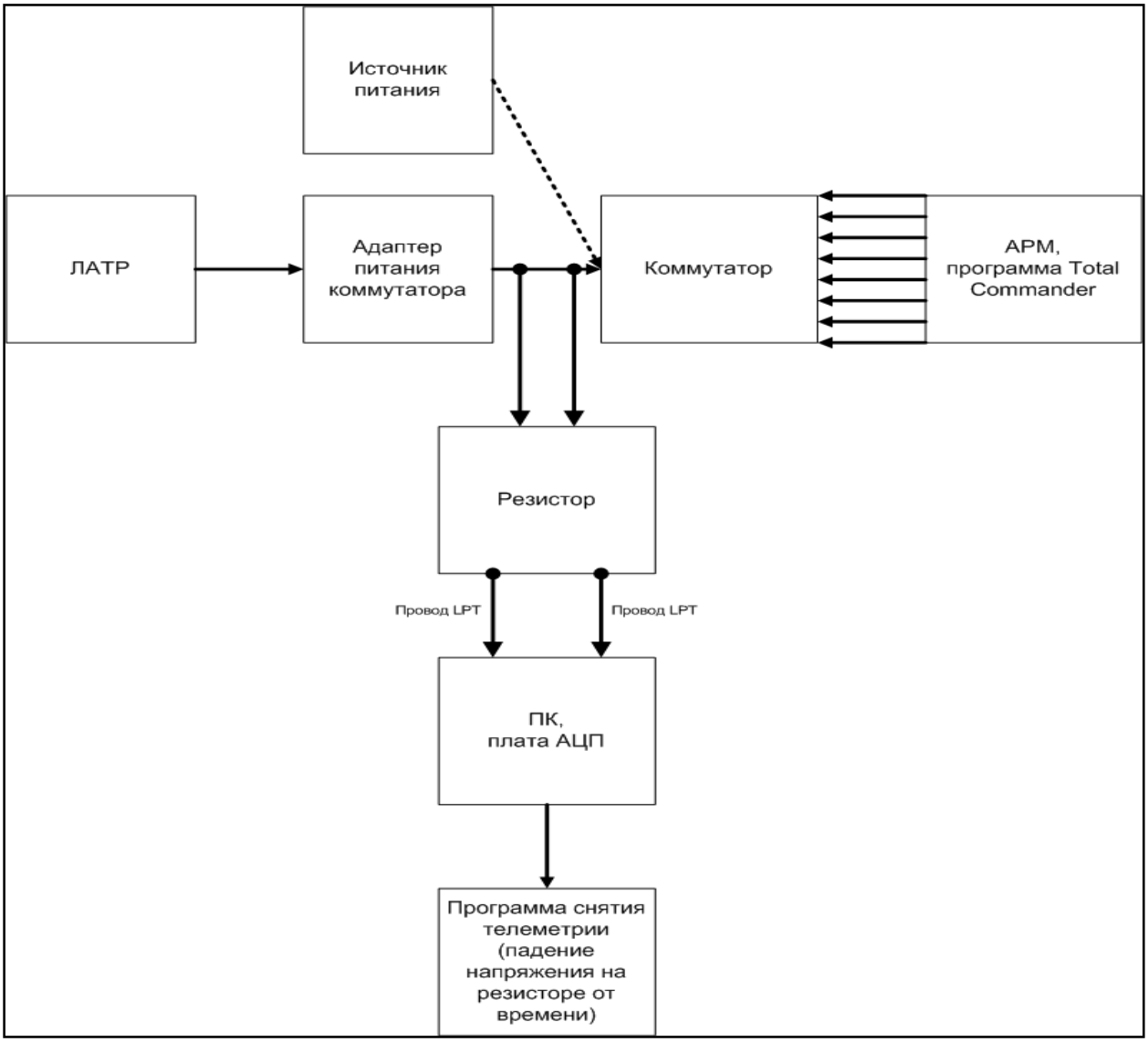

Рис. 1. *Стенд для тестирования коммутаторов*

С радиотехнической точки зрения электрическая цепь коммутатора выглядит следующим образом:

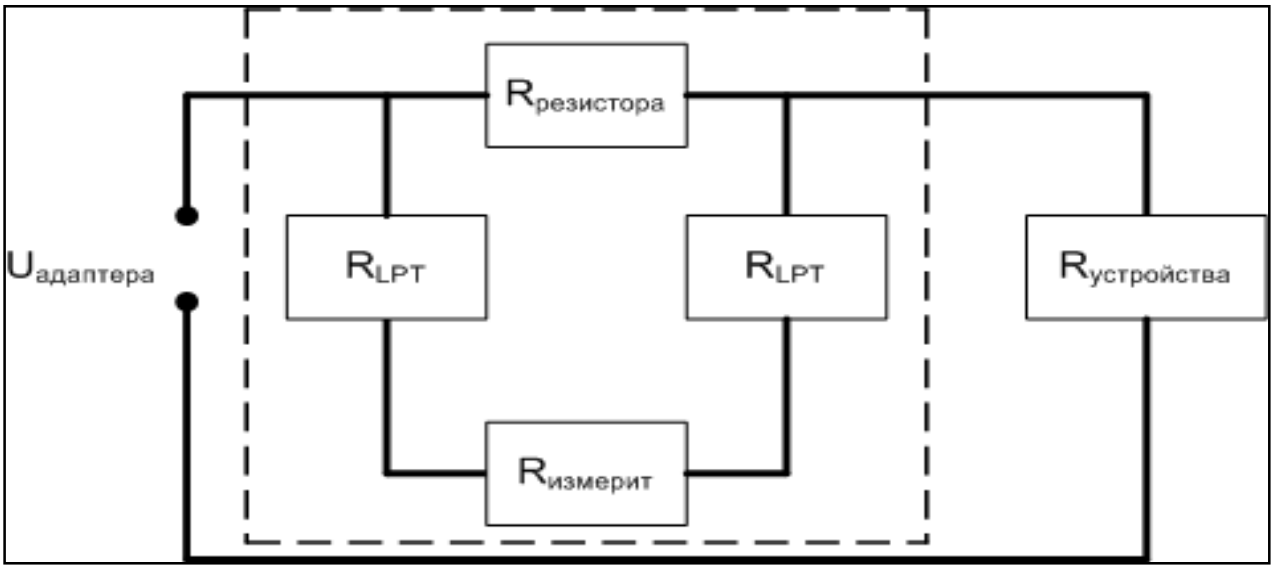

Рис. 2. *Радиотехническая структурная схема сопротивлений коммутатора*

Перед сборкой тестового стенда необходимо разрезать «плюсовой» провод адаптера питания, подключить к нему мультиметр, включить коммутатор в сеть, мультиметром определить ток $I_{внутр}$. Это значение будет использоваться для вычисления погрешностей значений АЦП и расчетов с ними. Если для вычисления реальной мощности не требуется точности – можно ограничиться данным действием для каждого режима тестирования; но как показала практика - реальный ток в коммутаторе постоянно меняется, при этом оставаясь в определенном числовом диапазоне.

Порядок работы со стендом:

- мультиметром определяется реальное сопротивление резистора $R_{резистора}$. Так как работа проводится с малыми значениями сопротивления – длина контактов резистора может влиять на результат;
- имеется параллельное подключение сопротивлений:

$$R_{общ} = \frac{R_{резистора} \bullet (2R_{LPT} + R_{измерит})}{R_{резистора} + 2R_{LPT} + R_{измерит}} \quad \textbf{(1)}$$

Однако сопротивление измерителя $R_{измерит}$ будет значительно велико (как в случае с мультиметром, так и в случае платы АЦП: может составлять более 1МОм). В этом случае имеем $R_{общ} = R_{резистора}$;

- в режиме работы коммутатора без активных портов (режим холостого хода, ни один кабель не подключен) программой по работе с АЦП снимается падение напряжения на резисторе $R_{резистора}$ (за определенный промежуток времени с определенной частотой). Время и частота количественно не указываются, но чем они больше – тем больше точность среднего значения падения напряжения на резисторе;
- среднее значение падения напряжения на резисторе используется для расчета силы постоянного тока в коммутаторе по формуле:

$$\mathbf{I_{внутр\ расч} = U_{паден} / R_{общ};} \quad \mathbf{(2)}$$

- рассчитываются погрешности измерений и коэффициент искажения измерений амперметром:

$$\Delta_{изм} = \mathbf{I_{внутр\ мультим\ х\ х} - I_{внутр\ расч\ х\ х},} \quad \mathbf{(3)}$$

$$\delta_{изм} = \Delta_{изм} \mathbf{/ I_{внутр\ мультим\ х\ х} \cdot 100\%,} \quad \mathbf{(4)}$$

$$\eta_{мультим} \mathbf{= I_{внутр\ мультим\ х\ х} / I_{внутр\ расч\ х\ х},} \quad \mathbf{(5)}$$

где $I_{внутр\ мультим\ х\ х}$ – внутренний ток в режиме холостого хода, снятый мультиметром;

$I_{внутр\ расч\ х\ х}$ - внутренний ток в режиме холостого хода, рассчитанный через $U_{паден}$ АЦП.

Данные значения покажут численное и процентное преимущество в точности платы АЦП над мультиметром, а также помогут в расчете КПД адаптера питания.

Далее проводится тестирование адаптера питания и самого устройства в экстремальных режимах:

- качественная оценка работы коммутатора в критических условиях: пониженном и повышенном напряжении;
- качественная оценка исправности компонентов устройства после выхода из строя из-за повышенного напряжения. Позволит оценить качество защиты коммутатора. Оценивается исправность как адаптера питания, так и устройства; при помощи мультиметра и источника питания. Это определяет целесообразность восстановления устройства: покупка адаптера питания обойдется дешевле, чем сдача самого коммутатора в ремонт.

Результаты эксперимента должны быть следующие (данные по мощности представляют среднее арифметическое показаний телеметрии):

- минимальная мощность. Мощность коммутатора на «холостом ходу», когда через устройство не проходит ни одного пакета с данными, является именно внутренней мощностью коммутатора. Внутренняя мощность коммутатора рассчитывается по формуле:

$$\mathbf{P_{внутр} = I_{внутр\ расч} \cdot U_{внутр},} \quad \mathbf{(6)}$$

где $U_{внутр}$ – напряжение, выдаваемое адаптером питания;

- мощность с подсоединенными кабелями (активными портами). Мощность коммутатора на «холостом ходу», когда через устройство не проходит ни одного пакета с данными, но все разъемы устройства подключены к АРМ;
- мощность в режиме максимальной нагрузки. Мощность устройства в состоянии максимальной нагрузки, когда все порты устройства активны, и по ним идет обмен данными на максимальной скорости;
- мощность в хаотичном режиме. Мощность устройства в состоянии максимальной нагрузки, когда все порты устройства активны, и по ним идет обмен данными, при этом все АРМ обращаются к одному конкретному АРМ;
- мощность в режиме целенаправленного обмена. Мощность устройства при обмене данными только между двумя АРМ, все разъемы устройства подключены к АРМ;
- суммарная (на всем устройстве) скорость передачи данных в режиме максимальной нагрузки. Суммарная скорость устройства является удвоенной

суммой скоростей передачи данных внутри пар АРМ (прием + передача), может отличаться от заявленной производителем;

- суммарная (на всем устройстве) скорость передачи данных в хаотичном режиме. Является суммой скоростей передачи данных с АРМ-источников на АРМ-приемник. Не должна превышать скорости одного порта, заявленного производителем;
- средняя (на порте), максимальная (на порте) скорости передачи данных в режиме целенаправленного обмена. Определяет фактическую пропускную способность порта, может отличаться от заявленной производителем;
- КПД адаптера питания. Вычисляется по формуле:

$$\eta_{комм} = \frac{2P_{внутр.хх}}{U_{внешн.ЛАТР} \bullet I_{внешн.мультимхх} \bullet \eta_{мультим}}, \quad \textbf{(7)}$$

где $U_{внешн\ ЛАТР}$ – напряжение (подает ЛАТР, 220В);

$I_{внешн\ мультим}$ – переменный ток, потребляемый адаптером питания в режиме холостого хода.

Для исключения влияния потоков информации на результат используется полученная величина минимальной мощности. Ток, потребляемый адаптером питания, измеряется мультиметром - поэтому в формуле используется безразмерная величина искажения измерений $\eta_{мультим}$. Величины в знаменателе и «двойка» в числителе следуют из преобразованной формулы мгновенной мощности переменного тока, так как переменный ток подчиняется гармоническому закону, и среднее значение $\cos^2(\omega t)$ равно 0.5 **[10]**:

$$\mathbf{P = I \cdot U = I_{внешн} \cdot U_{внешн} \cdot \cos^2(\omega t),\ \cos^2(\omega t) = 0.5,} \quad \textbf{(8)}$$

где P –мощность переменного тока;

i - мгновенное значение силы тока;

U - мгновенное значение напряжения;

$I_{внешн}$ – амплитудное значение силы переменного тока (мультиметр, требуется умножение на коэффициент искажения измерений амперметром $\eta_{мультим}$);

$U_{внешн}$ –амплитудное значение напряжения (ЛАТР);

Ω – частота колебания;

t – время;

- реальная максимальная мощность устройства. Рассчитывается путем выбора наибольшего значения мощности среди результатов тестирования в различных режимах и умножается на КПД адаптера питания;
- реальный рабочий диапазон входного напряжения. Диапазон напряжения, при котором устройство полностью сохраняет свою работоспособность в течение определенного времени.

При тестировании устройство работает в режиме максимальной нагрузки, при комнатной температуре. Во время тестирования адаптер питания может сильно нагреваться и выйти из строя. Проводится сравнение реальных результатов с диапазоном напряжения, указанном на адаптере питания. Время тестирования определяется индивидуально, исходя из особенностей питающей электрической сети, предполагается около 1 часа. При выходе за

рамки рабочего диапазона входного напряжения имеем: ниже минимального – устройство отключилось, плавно повышаем напряжение до его включения и корректной работы; выше максимального – выход из строя адаптера питания или самого коммутатора. Шаг измерений – 1 вольт;

- исправность адаптера питания и исправность коммутатора после превышения рабочего диапазона входного напряжения.

Последние три величины позволят оценить надежность коммутатора, сократить время его восстановления после поломки и оценить целесообразность восстановления.

В итоге унифицированная методика тестирования коммутаторов с механизмами тестирования энергопотребления и надежности позволяет:

- осуществлять работу устройства в трех режимах: «режим максимальной нагрузки», «хаотичный режим», «режим целенаправленного обмена»;
- в каждом режиме проводить замеры скорости передачи информации и потребляемую мощность;
- оценить надежность устройства, используя тестирование адаптера питания и самого устройства в экстремальных режимах;
- рассчитать КПД адаптера питания;
- применить полученный КПД к результатам максимальной мощности, получив таким образом реальное максимальное энергопотребление коммутатора от электрической сети:

$$\mathbf{P_{внешн\ макс} = P_{внутр\ макс} / \eta_{комм}.} \qquad \mathbf{(9)}$$

Возможно преобразование представленных формул в одну для удобства вычислений и исключения лишних переменных, просто подставив необходимый минимум измеряемых величин:

$$P_{внеш.макс} = \frac{U_{паден.макс} \bullet R_{резистора} \bullet U_{внешн} \bullet I_{внешн.мультим.х.х} \bullet I_{внутр.мультим.х.х}}{2U^2_{паден.х.х}}, \quad \mathbf{(10)}$$

где $U_{паден\ макс}$ – среднее значение падения напряжения в режиме максимальной нагрузки;

$R_{резистора}$ – номинал резистора, на котором измеряется падение напряжения;

$U_{внешн}$ – напряжение внешней электрической сети (в тестовом стенде - напряжение ЛАТРа);

$I_{внешн\ мультим\ х\ х}$ – переменный ток, потребляемый адаптером питания в режиме холостого хода (измеряется мультиметром);

$I_{внутр\ мультим\ х\ х}$ – постоянный ток, потребляемый самим устройством в режиме холостого хода (измеряется мультиметром);

$U_{паден\ х\ х}$ – среднее значение падения напряжения в режиме холостого хода.

Данная методика тестирования коммутаторов имеет ряд преимуществ перед существующими:

- подходит для любого проводного промежуточного устройства ЛВС (НК, УК, НаК, ТД, М);
- имеет рационально обоснованные режимы тестирования;

- определяет не только среднюю и максимальную скорости коммутатора в разных режимах, но и его минимальную и максимальную мощности;
- определяет надежность устройства в целом при нестабильности электрической сети и целесообразность его восстановления в случае выхода из строя;
- способна снимать телеметрические данные об энергопотреблении устройства в реальном времени с любой частотой и любым временным интервалом;
- возможно определение погрешностей измерений для максимального приближения к реальным результатам;
- методика позволяет не использовать дорогостоящие мультиметры с цифровыми интерфейсами (BlueTooth, USB, RJ-45), имеет превосходство в точности измерений АЦП над мультиметром;
- обеспечивает избыточность результатов, что предоставляет широкие возможности оценки тестируемых коммутаторов.

Так как данная методика обеспечивает избыточность результатов, можно разбить ее на несколько режимов использования, для ускорения получения желаемых результатов:

- если требуется получить все параметры по тестируемому коммутатору, выполняются все измерения (режим «избыточность»);
- если требуется только измерить максимальное энергопотребление коммутатора, то достаточно использовать формулу 10 и осуществить замеры величин, в ней используемых (режим «максимальное энергопотребление»;
- если требуется только качественная оценка работы коммутатора, то достаточно использовать ЛАТР, источник питания, программу Total Commander и необходимое количество АРМ (режим «надежность»);
- если требуется только оценка скорости передачи данных, то достаточно использовать программу Total Commander и необходимое количество АРМ для всех режимов тестирования коммутатора, кроме холостого хода (режим «скорость»).

Заключения:

- разработана новая методика тестирования коммутаторов, позволяющая получить следующие основные параметры устройства: средняя и максимальная скорости передачи данных, минимальная и максимальная мощности устройства, надежность, телеметрические данные об энергопотреблении;
- при полном использовании возможностей методики будут получены дополнительные параметры устройства: КПД адаптера питания, надежность адаптера питания, мощность в режиме холостого хода с подключенными портами, мощность в хаотичном режиме, мощность в режиме целенаправленного обмена. А также превосходство выбранной платы АЦП перед используемым мультиметром. Большое количество параметров позволяет использовать методику для широкого спектра задач;
- данная методика была успешно апробирована в организации ОАО «Государственный Научно-Исследовательский Институт Приборостроения». Были достигнуты следующие результаты: тестирование текущих используемых НК (3Com 3C16794), доказательство необходимости их замены (ненадежные и не

энергоэффективные), тестирование предполагаемых к использованию НК (D-Link DES-1008A, D-Link DES-1008D, Zyxel ES-108A) и определение среди них оптимального образца по исследуемым параметрам и цене (D-Link DES-1008A). Были открыты оптимальные параметры снятия телеметрии (измерения $U_{паден}$ с погрешностью 0.001В): частота - 2Гц, период - 15 минут, число знаков после запятой - 4 (что позволяет использовать недорогие платы АЦП). Также в рамках практического тестирования установлено максимальное $U_{паден}$, позволяющее рассчитать максимальную мощность, проходящую через резистор: 0.121999В / 0.3Ом = 0.407Вт (резистор С5-16МВ оказался с большим запасом по проводимой мощности).

ЛИТЕРАТУРА

1. D-Link. Учебное пособие: коммутаторы локальных сетей D-Link. Первое издание. / D-Link Corporation, Москва: 2004 г.
2. Белов С.П. Промежуточные устройства в ЛВС: энергосбережение, новая концепция энергоэффективности. / Сборник научных трудов научно-практической конференции «Актуальные проблемы приборостроения, информатики и социально-экономических наук», Москва: МГУПИ, 2012 г. – стр. 8.
3. D-Link, Acorp, Zyxel. Официальные сайты и форумы компаний. [Электронные ресурсы]. URLs: http://zyxel.ru, http://www.acorp.ru, http://www.d-link.ru, ftp://ftp.dlink.ru, ftp://ftp.zyxel.com, http://sd.zyxel.ru (дата обращения 08.05.2012, № обращения 208083).
4. Mark Lippitt, Erik Smith, Erik Paine, Mark Anthony De Castro, Shreedhan Nikam. «Fibre Channel over Ethernet (FCoE), Data Center Bridging (DCB), Concepts and Protocols». / EMC Corporation. - 2008 г, Part number H6290.16 - номер раздела 2.1.1, стр. 77-79.
5. Пахомов С., Леонов В. Управляемые коммутаторы Ethernet с гигабитным модулем. / Москва: журнал «КомпьютерПресс», №9, 2002 г., ISSN: 0868-6157.
6. Семенов Ю.А. Алгоритмы и протоколы каналов и сетей передачи данных. / Москва: Бином, 2007 г., ISBN: 978-5-94774-706-5, номер раздела 4.1.1.4.
7. Шмаков С. Б. Энциклопедия радиолюбителя. Современная элементная база. / СПб: Наука и техника, 2012 г., ISBN: 978-5-94387-859-6.
8. Аксенов А.И., Нефедов А.В. Резисторы, конденсаторы, провода, припои, флюсы. Справочное пособие. / Москва: Солон-Р, 2000 г, ISBN: 5-93455-053-5.
9. Гук М.Ю. Аппаратные средства IBM PC. / Москва: Питер, 2006 г., ISBN: 5-469-01182-8 - стр. 442.
10. Изюмов Н.М., Линде Д.П. Основы радиотехники/Москва: Энергия, 1965 г.

Рецензент: Гаврилин Борис Николаевич, д.т.н., профессор, генеральный конструктор ОАО «Государственный Научно-Исследовательский Институт Приборостроения».

REFERENCES

1. D-Link. Uchebnoe posobie: kommutatory lokal'nyh setej D-Link. Pervoe izdanie. / D-Link Corporation, Moskva: 2004 g.
2. Belov S.P. Promezhutochnye ustrojstva v LVS: jenergosberezhenie, novaja koncepcija jenergojeffektivnosti. / Sbornik nauchnyh trudov nauchno-prakticheskoj konferencii «Aktual'nye problemy priborostroenija, informatiki i social'no-jekonomicheskih nauk», Moskva: MGUPI, 2012 g. – str. 8.
3. D-Link, Acorp, Zyxel. Oficial'nye sajty i forumy kompanij. [Jelektronnye resursy]. URLs: http://zyxel.ru, http://www.acorp.ru, http://www.d-link.ru, ftp://ftp.dlink.ru, ftp://ftp.zyxel.com, http://sd.zyxel.ru (data obrashhenija 08.05.2012, № obrashhenija 208083).
4. Mark Lippitt, Erik Smith, Erik Paine, Mark Anthony De Castro, Shreedhan Nikam. «Fibre Channel over Ethernet (FCoE), Data Center Bridging (DCB), Concepts and Protocols». / EMC Corporation. - 2008 g, Part number H6290.16 - nomer razdela 2.1.1, str. 77-79.
5. Pahomov S., Leonov V. Upravljaemye kommutatory Ethernet s gigabitnym modulem. / Moskva: zhurnal «Komp'juterPress», №9, 2002 g., ISSN: 0868-6157.
6. Semenov Ju.A. Algoritmy i protokoly kanalov i setej peredachi dannyh. / Moskva: Binom, 2007 g., ISBN: 978-5-94774-706-5, nomer razdela 4.1.1.4.
7. Shmakov S. B. Jenciklopedija radioljubitelja. Sovremennaja jelementnaja baza. / SPb: Nauka i tehnika, 2012 g., ISBN: 978-5-94387-859-6.
8. Aksenov A.I., Nefedov A.V. Rezistory, kondensatory, provoda, pripoi, fljusy. Spravochnoe posobie. / Moskva: Solon-R, 2000 g, ISBN: 5-93455-053-5.
9. Guk M.Ju. Apparatnye sredstva IBM PC. / Moskva: Piter, 2006 g., ISBN: 5-469-01182-8 - str. 442.
10. Izjumov N.M., Linde D.P. Osnovy radiotehniki/Moskva: Jenergija, 1965 g.