

Белов Сергей Павлович

ФГБОУ ВПО «Московский Государственный Университет Приборостроения и Информатики»

Россия, Москва

Аспирант, кафедра ТИ-13

E-Mail: Sergey.belov@list.ru

Методика вычисления мощностей и тестирования промежуточных устройств ЛВС: модернизация испытательного стенда

Аннотация. Промежуточные устройства локальных вычислительных сетей (посредники в передаче информации от компьютера к компьютеру: коммутаторы, маршрутизаторы и другие) широко распространены в современном мире. В частных квартирах может располагаться одно устройство или более, а в организациях могут исчисляться сотнями экземпляров. Правильная оценка их энергопотребления может дать экономию материальных средств и несколько снизить энергетические потери.

Для определения минимальной и максимальной мощностей автором была разработана специализированная методика расчета и испытательный стенд, успешно апробированные в государственной организации. Однако возможна доработка методики расчета и испытательного стенда с целью удешевления последнего.

Данное исследование произведено, в том числе, для повышения качества и скорости локальных вычислительных сетей, участвующих в обслуживании систем электронного документооборота. Статья носит теоретический характер и не исключает неточностей.

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

В настоящий момент производители промежуточных устройств ЛВС (далее - «устройства») не всегда указывают минимальную и максимальную мощности своих продуктов. Отмечается важность данных величин: при неверной покупке одного устройства (на примере D-Link DES-1005A и Zyxel ES-105A) прямые потери электроэнергии за период его использования составят 131кВт [1].

Для получения данных величин была разработана новая методика тестирования устройств [2]. Способность тестирования устройств в разных режимах и избыточность получаемой информации позволили ее использовать и в специфических задачах: развитии новой концепции энергопотребления [1] и оценке технического совершенства устройств [3].

Методика была апробирована в организации ВПК ОАО «ГосНИИП». При наличии дорогого измерительного оборудования и развитой элементной базы испытательный стенд собирался путем заимствования оборудования, и материальные вложения в стенд составили не более 500 рублей. При этом суммарная стоимость стенда оценивалась более чем в 25000 рублей (без учета 8-ми тестовых ПК, с ними стоимость стенда составила бы около 70000 рублей). В прочих же организациях при сборке стенда могут возникнуть затруднения и материальные, и технические; поэтому ставится задача упростить и удешевить его, сделав таким образом доступным и рентабельным:

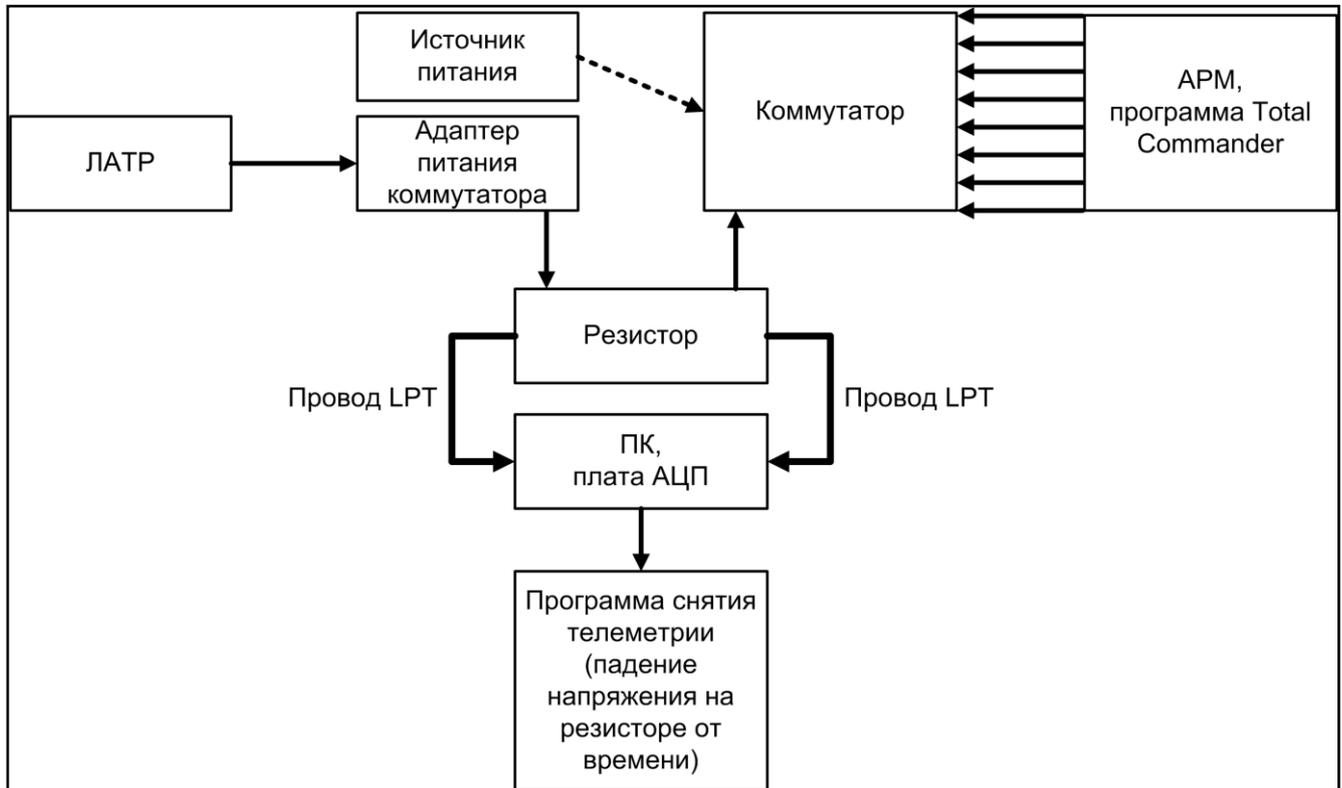


Рис. 1. Стенд для тестирования коммутаторов

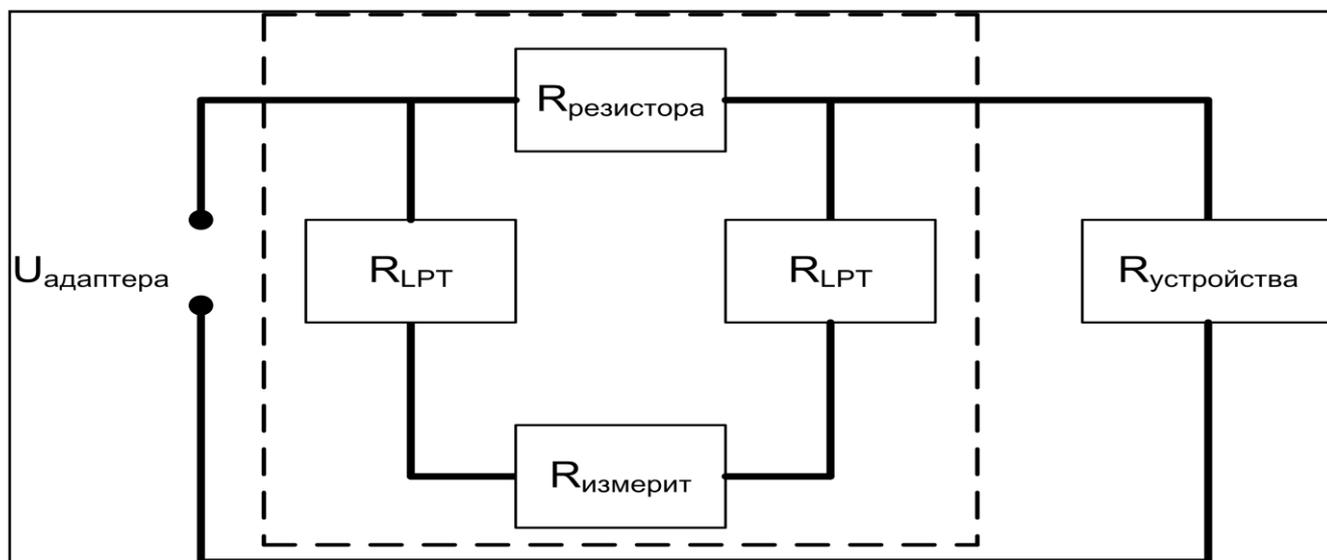


Рис. 2. Структурная схема сопротивлений тестового стенда

Рассмотрим каждый из элементов испытательного стенда (на примере 8-портового устройства):

- **ЛАТР.** Требуется для подачи напряжения 220В, тестирования надежности адаптера питания. С этой задачей способны справиться и самые дешевые экземпляры; к примеру, TDGC2-0.5-В стоимостью около 1000 рублей;
- **источник питания.** Используется для питания устройства без участия его адаптера питания (проверка работоспособности платы устройства после выхода адаптера питания из строя). Для этой задачи не обязательно использовать полноценные лабораторные источники питания вроде РИАП Б5-71. Достаточно иметь резервный адаптер питания для устройства. Или осуществить самостоятельную сборку из стандартных элементов питания (вроде R03, R6 и 6LR61) или из кабеля USB (при питании устройства 4.5-5В/0.1-1.2А). Стоимость альтернативы лабораторному источнику питания составит 50-300 рублей;
- **кабель LPT (Bitronix).** Представляет собой дешевую альтернативу кабеля к плате АЦП ввиду схожести конструкции контактов. Кабель LPT в настоящее время не выпускается, цена оставшихся экземпляров сильно завышена, в его состав входят неэкранированные провода. Для получения эффекта экранирования и отказа от LPT достаточно использовать экранированный провод (например, КСПЭВ 4x0.4, 5руб./м) и штыри из распространенных вилок DB-9M (интерфейс COM, DS1033-09M, 22руб.), DB-25M (интерфейс LPT, DS1033-25M, 35руб.);
- **резистор с малым сопротивлением (менее 0.5Ом) и высокой мощностью (более 1Вт),** используется для получения разности потенциалов на его концах (падения напряжения). Экспериментально было доказано, что через этот резистор, даже при тестировании гигабитных коммутаторов, проходило не более 0.407Вт. Резистор С5-16МВ оказался с большим запасом по проводимой мощности, при этом отличается распространенностью и невысокой стоимостью (около 80 рублей);
- **витая пара RJ-45,** неэкранированная, 8 шт. по 2 метра, 15 руб./м.

Следующие элементы испытательного стенда рассмотрим более подробно.

Компьютер с платой АЦП:

- используется для получения разности потенциалов на концах резистора за определенный интервал времени (результаты телеметрии);
- используется одновременно как АРМ (потребление ресурсов измерительным ПО и платой АЦП минимальны);
- плата АЦП обладает большей точностью, чем мультиметр. При этом имеет избыточное число знаков после запятой (на примере AdvanTech PCI-1713 [4], 12 знаков). Практические эксперименты показали необходимые ТТХ для платы АЦП: частота измерений - 2Гц, число знаков после запятой - 4. Данным ТТХ удовлетворяют недорогие платы АЦП (например, L-154 [5] компании L-Card, 4700 рублей);
- программа для снятия телеметрии может быть написана на любом языке. Некоторые производители плат АЦП предоставляют бесплатные примеры использования своих плат на разных языках (например, AdvanTech);
- программа контроля скорости передачи информации может быть любой. Например, применяемая программа Total Commander имеет режим «trial», являясь условно-бесплатным ПО.

Мультиметр используется для измерения силы переменного тока, а также для реальной оценки сопротивлений внутри электрической цепи. Необходимо делегировать данные задачи менее дорогому изделию: плате АЦП, расчет силы тока через падение напряжения на резисторе (по аналогии с рисунком 2). В этом случае плата должна поддерживать возможность измерения переменного напряжения: 2 канала будут использоваться для снятия падения переменного напряжения на резисторе, 2 канала - падения постоянного напряжения. Если одновременное измерение переменного и постоянного напряжений невозможно - можно программно переключать режимы измерения платы, рассинхронизируя замеры на минимально возможную величину (частота дискретизации платы + задержка выполнения команд программы измерения). Для таких операций подходят платы, имеющие гальваническую развязку по напряжению, например, плата L-Card L-254. Но рекомендуется для дополнительной страховки делать самостоятельную гальваническую развязку, используя трансформатор тока.

Значение переменного тока (до входа в адаптер питания устройства) много меньше значения постоянного тока (после преобразования адаптером). С учетом того, что сила тока вычисляется по сопротивлению 0.35Ом, значение падения переменного напряжения на резисторе будет ещё в 3 раза меньше. Ввиду этого не требуется плата АЦП с большим диапазоном измеряемого напряжения.

АРМ:

- количество АРМ должно быть равно количеству портов коммутатора;
- теоретическая максимальная скорость сетевых карт должна быть равна или превышать максимальную теоретическую скорость портов коммутатора.
- максимальная теоретическая скорость накопителя АРМ должна быть равна или превышать теоретическую скорость сетевых карт;
- данные, передаваемые между АРМ, 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 фрагментированных файлов.

Учитывая современные технологии, под эти требования подойдет любой современный ПК, т.к. имеет в составе сетевую карту 1000Мб/с, интерфейс SATA-2 (3000Мб/с), а скорость записи как SSD так и НЖМД - более 100Мб/с. Однако эти требования неприменимы к гигабитным устройствам (не реализовывается весь потенциал скорости передачи информации устройства) [6].

В работе [3] предлагается использовать технологию RAM-дисков. Но тогда для точного 15-минутного расчета требуется создать 8 АРМ с объемом оперативной памяти 112500МБ (109.86ГБ). Создать данные АРМ на текущий момент технически сложно и экономически затратно. Для выхода из данной ситуации предлагается 3 способа:

- использовать SSD. Скорость записи данных, по заявлениям производителей, достигает 500МБ/с (4000Мб/с), 500Мб/с на порт устройства;
- использовать большое количество оперативной памяти, исключив НЖМД и SSD из конфигурации. Для минимизации затрат уменьшить период тестирования устройства. Для примера, для одностороннего тестирования потребуется RAM-диск объемом 7500МБ, полуминутного - менее 4ГБ. ПК с модулями памяти RAM 4ГБ и выше распространены и доступны по цене; а исключение фрагментации HDD (и накопителя в целом) могут повысить точность измерений скорости передачи информации, и понижение периода тестирования несущественно повлияет на результаты (увеличение погрешности измерения за период с 0.001В до 0.002В);
- полностью исключить АРМ из тестового стенда путем применения особенности тестируемого устройства: отсутствие протокола STP или его отключения (а также опции LoopDetect). В этом случае появляется возможность создать петлю коммутации, порождающую широкополосный шторм без привлечения АРМ (требуется 4 провода витой пары для замыкания портов устройства между собой). Таким образом компоненты устройства должны задействоваться на максимальной мощности. Однако теряется возможность измерить скорость устройства.

В итоге тестовый стенд выглядит следующим образом:

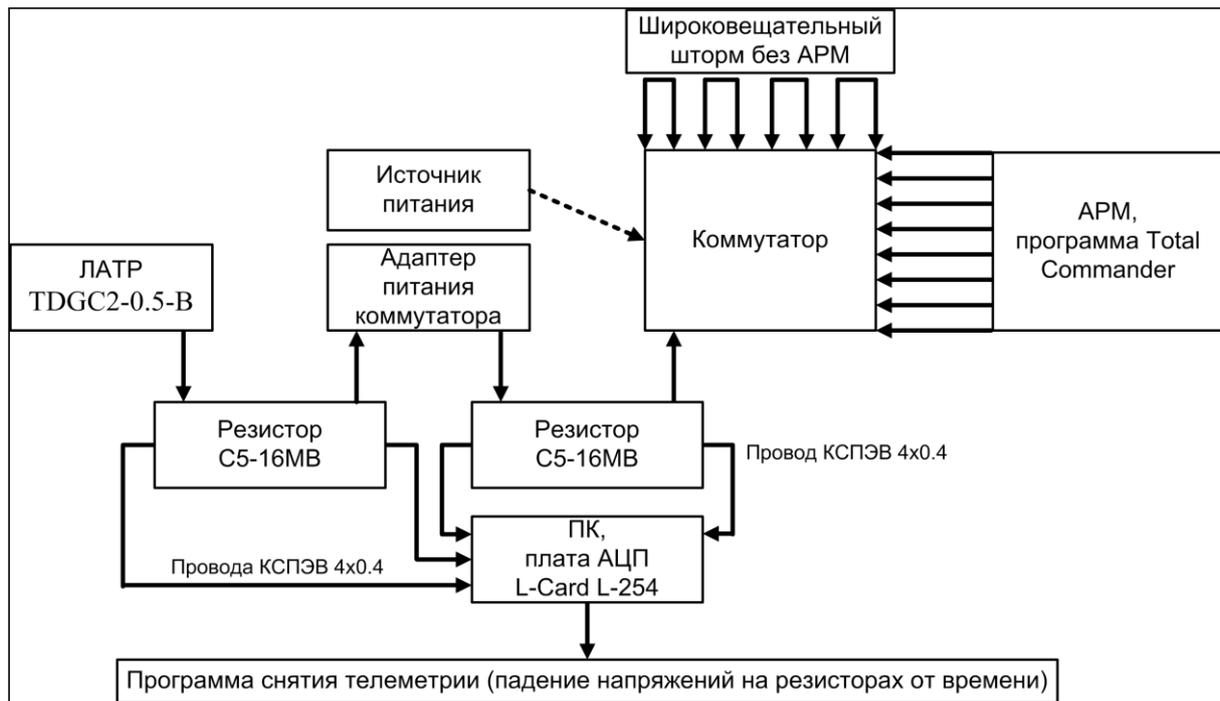


Рис. 3. Модернизированный стенд для тестирования коммутаторов

После модернизации испытательного стенда необходимо модернизировать формулы расчета методики [2] (7), (10); отказаться от формул (3), (4), (5):

$$\eta_{\text{комм}} = \frac{2P_{\text{внутр.хх}}}{U_{\text{внешн.ЛАТР}} \cdot I_{\text{внешн.хх}} \cdot \eta_{\text{мультип}}}, \quad (1)$$

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

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

$$P_{\text{внешн.макс}} = \frac{U_{\text{паден.макс}} \cdot R_{\text{резистора}} \cdot U_{\text{внешн}} \cdot I_{\text{внешн.хх}} \cdot I_{\text{внутр.хх}}}{2U_{\text{паден.хх}}^2}, \quad (2)$$

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

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

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

$I_{\text{внешн.хх}}$ – переменный ток, потребляемый адаптером питания в режиме холостого хода. Рассчитывается с применением формулы Джоуля-Ленца;

$I_{\text{внутр.хх}}$ – постоянный ток, потребляемый самим устройством в режиме холостого хода;

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

Таблица 1

Пример стоимости модернизированного испытательного стенда (новое оборудование, без получения скорости устройства)

Элемент	Стоимость, руб.
ЛАТР TDGC2-0.5-B	1000
Источник питания 5В/1.2А (для модели D-Link DES-1008А)	150
Провод КСПЭВ 4х0.4 (4х0.2м)	4
Витая пара RJ-45 (16 м.)	240
Резистор С5-16МВ (2 шт.)	160
Плата АЦП L-Card L-154	4700
АРМ для платы АЦП (крайне нетребователен к ресурсам, можно использовать технологии начала 2000-х годов)	~15000
	Итого: 21254 руб.
Прочие расходы	
Затраты на разработку ПО (до 3 дней, с примерами компании разработчика - до 1 дня)	При делегировании задачи свободному специалисту стоимость разработки падает до 0.
Затраты на модернизацию тестовых ПК (при наличии современных ПК или уменьшении периода измерений - не требуется).	Приобретение оперативной памяти: от 1200 рублей за RAM 4ГБ. В дальнейшем, с развитием технологий IT, стоимость модернизации упадет до 0.

Заключение:

- модернизирована новая методика тестирования коммутаторов: формулы и испытательный стенд;
- элементы испытательного стенда широко распространены, исключен мультиметр;
- удешевление стоимости сборки испытательного стенда «с нуля»: около 21300 рублей (без измерения скорости устройства, в качестве АРМ можно взять любой списанный ПК, сэкономив 15000 рублей). С измерением скорости - прибавляется цена 7 АРМ, и цена каждого АРМ возрастает;
- затраты на разработку ПО могут быть минимизированы до 0. Затраты на тестовые ПК, с развитием технологий ИТ будут минимизированы до 0.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Белов С.П. Методика вычисления мощностей и тестирования промежуточных устройств локальных вычислительных сетей / Москва: Институт Государственного управления, права и инновационных технологий, интернет-журнал «Науковедение», №6 (19), 2013 г., ISSN: 2223-5167 – ID статьи 195TVN613. [Электронный ресурс] URL: <http://naukovedenie.ru/index.php?p=issue-6-13>.
3. Белов С.П. Концепция энергоэффективности для промежуточных устройств локальных вычислительных сетей. Практические результаты / Новосибирск: Центр развития научного сотрудничества, Сборник материалов XVI научно-практической конференции «Перспективы развития информационных технологий», 2013 г., ISBN: 978-5-00068-010-0 – стр. 12.
4. AdvanTech. PCI-1713 100 kS/s, 12-bit, 32-ch, Isolated Analog Input Card.//Taipei: AdvanTech Co., Ltd, 2005.
5. ЗАО «Л-Кард». Плата L-154. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.//Москва: L-Card, 2003 г.
6. Редакция журнала THG. Gigabit Ethernet в домашней сети: переходить или нет?//Москва: Русский Tom's Hardware Guide, 2009 г. [Электронный ресурс] URL: http://www.thg.ru/network/gigabit_ethernet/index.html.

Sergey Belov

Moscow State University of Instrument Engineering and Information Science

Russia, Moscow

E-Mail: Sergey.belov@list.ru

The method of the testing intermediate devices of LCN: upgrade of experimental stand

Abstract: The intermediate device of the local computing networks (the go-betweens in transfer of information from computer to computer: commutators, routers and other) broadly wide-spread in modern world. In quotient apartment can be situated one device or more, but in organization can be numbered hundred and more. The correct estimation their power consumption can give spare material facilities and several reduce the energy losses.

For determination minimum and maximum powers by author was designed specific methods of the calculation and experimental stand, successfully approved in state organization. However possible upgrade methods of the calculation and experimental stand with purpose of the reducing the price of the last.

Given study is made, including, for increasing quality and velocities of the local computing networks, participating in servicing the systems of the electronic document processing. The article carries the theoretical nature and does not exclude the inexactnesses.

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

REFERENCES

1. 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-jekonomicheskikh nauk», Moskva: MGUPI, 2012 g. – str. 8.
2. Belov S.P. Metodika vychislenija moshhnostej i testirovanija promezhutochnyh ustrojstv lokal'nyh vychislitel'nyh setej / Moskva: Institut Gosudarstvennogo upravlenija, prava i innovacionnyh tehnologij, internet-zhurnal «Naukovedenie», №6 (19), 2013 g., ISSN: 2223-5167 – ID stat'i 195TVN613. [Jelektronnyj resurs] URL: <http://naukovedenie.ru/index.php?p=issue-6-13>.
3. Belov S.P. Koncepcija jenergojeffektivnosti dlja promezhutochnyh ustrojstv lokal'nyh vychislitel'nyh setej. Prakticheskie rezul'taty / Novosibirsk: Centr razvitija nauchnogo sotrudnichestva, Sbornik materialov HVI nauchno-prakticheskoj konferencii «Perspektivy razvitija informacionnyh tehnologij», 2013 g., ISBN: 978-5-00068-010-0 – str. 12.
4. AdvanTech. PCI-1713 100 kS/s, 12-bit, 32-ch, Isolated Analog Input Card.//Taipei: AdvanTech Co., Ltd, 2005.
5. ZAO «L-Kard». Plata L-154. Tehnicheskoe opisanie i instrukcija po jekspluatacii.//Moskva: L-Card, 2003 g.
6. Redakcija zhurnala THG. Gigabit Ethernet v domashnej seti: perehodit' ili net?//Moskva: Russkij Tom's Hardware Guide, 2009 g. [Jelektronnyj resurs] URL: http://www.thg.ru/network/gigabit_ethernet/index.html.