НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ МГТУ ИМ. Н. Э. БАУМАНА
НАУКА и ОБРАЗОВАНИЕ
Эл № ФС77 - 48211. ISSN 1994-0408
приложение

Комплексный подход к выбору оборудования в целях полноценного и качественного выполнения лабораторного практикума по электротехническим дисциплинам для специаль-ностей технического профиля

 # 11, ноябрь 2016
DOI: 10.7463/1116.0850103

Васюков С. А.[1,*]

[1]МГТУ им. Баумана, Москва, Россия
[*]sa_vasyukov@mail.ru

Введение

Проводимая в настоящее время реформа образования требует тесной связи учебного процесса с научной и инновационной деятельностью и предъявляет все более высокие требования к учебному оборудованию, лабораторной и учебно-производственной базе вузов. Учебные лаборатории должны обеспечивать внедрение инновационных механизмов подготовки учащихся на базе современного оборудования и программного обеспечения. Использование современного исследовательского оборудования позволит учебному заведению динамично реагировать на вызовы в образовании и науке, ориентироваться на потребности реальной экономики и рынка труда.

Федеральные общеобразовательные государственные стандарты высшего образования для технических специальностей ориентированы на формирование ряда профессиональных компетенций. Особо выделяется способность проводить исследования физических процессов и свойств объектов с выбором технических средств, методов измерений, обработки и представления результатов [1]. В то же время по оценке Российского союза ректоров около 20 % российских ВУЗов считают свою материально-техническую базу неудовлетворительной [2]. Поэтому для большинства технических университетов существует необходимость обновления оборудования учебных лабораторий.

В условиях ограниченных материальных возможностей и площадей, на кафедрах электротехнической направленности целесообразно иметь единые унифицированные ла-

боратории, обеспечивающие весь необходимый перечень лабораторных работ, как для машиностроительных, так и для приборных специальностей.

В связи с этим существует актуальная задача выбора лабораторного оборудования, удовлетворяющего поставленным задачам, выработке рекомендаций по составу и исполнению перспективных универсальных стендов, а также выбору предполагаемых поставщиков оборудования.

1. Анализ лабораторной базы некоторых технических ВУЗов

Анализ информации, касающейся лабораторной базы ведущих российских технических ВУЗов, показал, что отдельные кафедры уже перешли на современное лабораторное оборудование. Другие же кафедры, в силу разных причин, пока используют устаревшее, не отвечающее современным требованиям оборудование, или находятся в процессе перехода на новое оборудование.

Рассмотрим некоторые примеры лабораторного оборудования, которое, по мнению автора, не вполне соответствующего современным требованиям, и постараемся выяснить по каким именно признакам это оборудование можно отнести к разряду устаревшего.

В МГТУ им. Н.Э. Баумана лаборатория «Электрические цепи» для студентов машиностроительных специальностей была сформирована в 2005-2007 гг. и включала в свой состав 20 стендов НТЦ-01.06 [3], производитель НТЦ-центр (Могилев), рис. 1. Сейчас это оборудование постепенно выводится из эксплуатации в связи с заменой на новое оборудование.

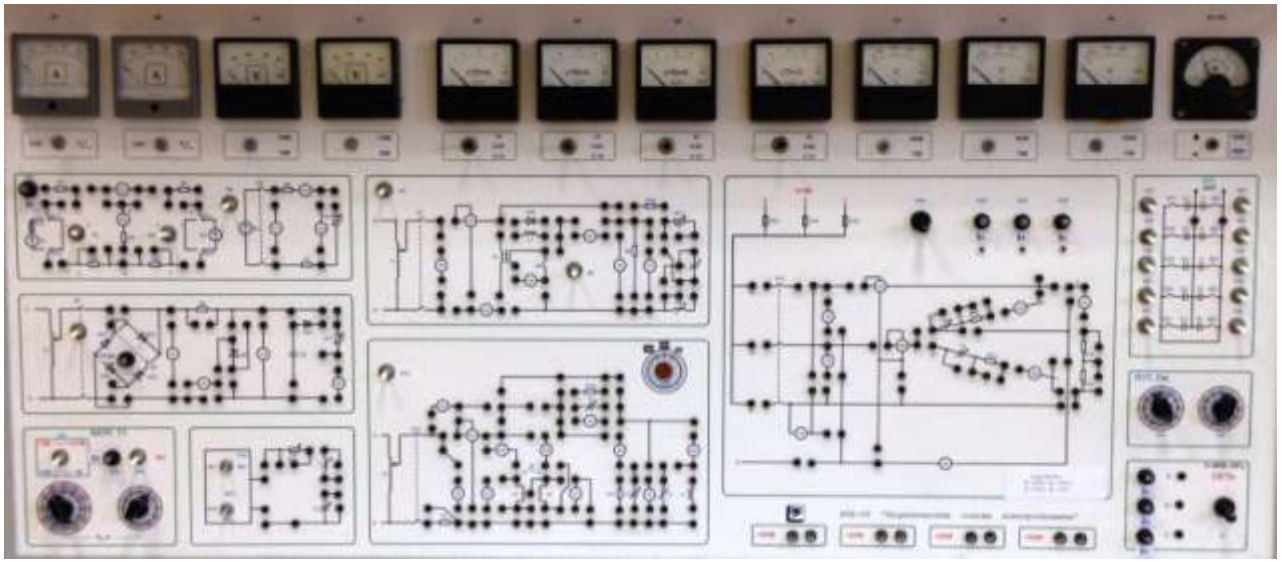


Рис. 1. Лабораторный стенд НТЦ-01.06 «Электрические цепи».

На момент приобретения стендов практически не существовало альтернативы по закупке, так как в 2005 году кроме НТЦ-центра других поставщиков, серийно выпускающих лабораторные стенды, в Российской Федерации и странах СНГ практические не было.

К достоинствам стенда можно отнести надежность, что позволило без серьезных профилактических и ремонтных работ эксплуатировать эти стенды на протяжении 10 лет.

Недостатки обусловлены, в основном, идеологией построения стенда и его элементной базой:

1. Для измерения напряжений, токов и мощности используются стрелочные приборы низкой точности, причем шкалы приборов для измерения переменного напряжения и тока нелинейны, а сами приборы не позволяют измерять малые напряжения и токи.
2. Необходима периодическая калибровка стрелочного ваттметра.
3. Настройка цепи синусоидального тока в режим резонанса производится подбором емкости, в то время как для большинства современных практических применений резонанс достигается изменением частоты питающего напряжения.
4. Приборный состав стенда не позволяет снимать фазо-частотные характеристики цепей.
5. Стенды предполагают фронтальный метод выполнения лабораторных работ [4]. Так как схемы заранее сконфигурированы на лицевой панели, нет возможности изменения номинальных значений элементов схем. Как следствие, данные, снимаемые на разных стендах, практически совпадают, и студенты иногда используют этот недостаток, просто копируя друг у друга отчеты.

Лаборатория «Электрические цепи» для студентов приборостроительных специальностей была сформирована более 20 лет назад и включала в свой состав 12 стендов настольного исполнения, рис. 2.



Рис. 2. Лабораторный стенд «Электрические цепи». для студентов приборостроительных специальностей.

Недостатки – стрелочные приборы, встроенная электронно-лучевая трубка вместо осциллографа. К достоинствам стенда можно отнести наличие генератора сигналов специальной формы (синус, меандр, треугольник) с перестраиваемой частотой и наличие стрелочного фазометра.

Стенды МАДИ [5] (рис. 3), также укомплектованы, в основном, стрелочными измерительными приборами, хотя и доукомплектованы электронным генератором и цифровым вольтметром.



Рис. 3. Лаборатория Электротехники МАДИ.

Лабораторное оборудование МИРЭА [6] «Миниатюрная электротехническая лаборатория МЭЛ-2» (рис.4) эксплуатируется с 2005 года. Стенд содержит регулируемые источника постоянного напряжения; встроенный функциональный генератор сигналов; цифровой частотомер; встроенный генератор трехфазного напряжения; встроенный фазометр; операционный усилитель; линию задержки; нелинейные элементы и наборы пассивных линейных элементов (резисторов, индуктивностей, емкостей).

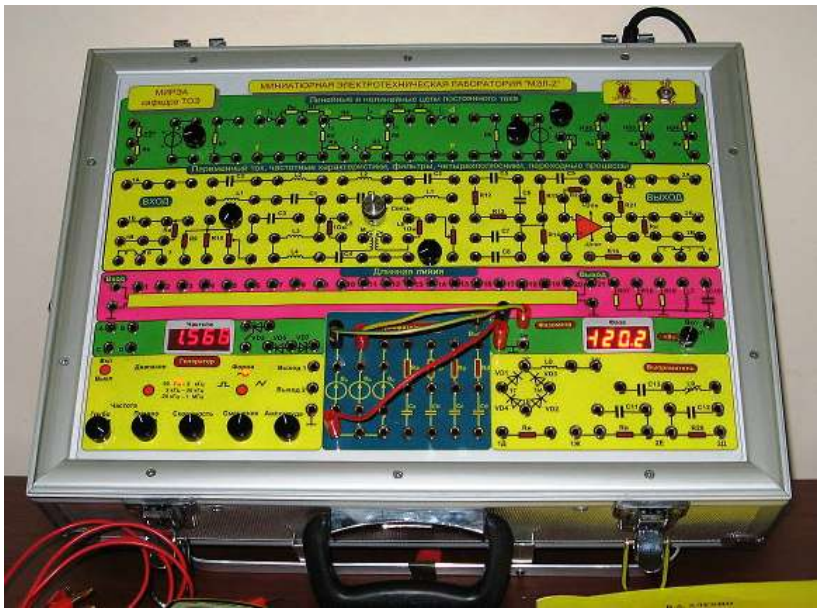


Рис. 4. Миниатюрная электротехническая лаборатория МИРЭА.

Можно привести еще ряд примеров лабораторного оборудования.

Таким образом, устаревшие контрольно-измерительные приборы, отсутствие компьютерных измерительных комплексов и многовариантности (все студенты выполняют один и тот же вариант лабораторной работы) можно считать на данном этапе развития основными критериями устаревшего оборудования.

2. Выработка требований к конфигурации и приборному составу лабораторного стенда

Для того чтобы понять, какие стенды необходимы для универсальной лаборатории «Электрические цепи», нужно прояснить ряд моментов, связанных с организацией учебного процесса.

При большой загрузке лабораторных залов и низкой укомплектованности кафедр учебно-вспомогательным персоналом, основное требование к лабораторному оборудованию – **надежность**.

Опыт работы, накопленный за предыдущие годы, позволяет утверждать, что для организации учебного процесса кафедре необходимо иметь как минимум два-три лабораторных зала по 10 стационарных стендов в каждом зале. Стенд должен быть на 2-3 посадочных места и обеспечивать, по мнению автора, выполнение следующих базовых лабораторных работ:

1. Исследование линейных электрических цепей постоянного тока.
2. Исследование частотных характеристик в линейных электрических цепях.
3. Исследование резонансных явлений в линейных электрических цепях.
4. Индуктивно-связанные электрические цепи.
5. Трехфазные цепи.
6. Переходные процессы в линейных электрических цепях.
7. Нелинейные электрические цепи.
8. Исследование трансформатора.
9. Исследование цепей с распределенными параметрами.
10. Исследование фильтров.
11. Исследование цепей с периодическими несинусоидальными источниками.

Здесь первые восемь работ перечня в составе стенда обязательны. Работы с 9 по 11 можно рассматривать как дополнительные. В настоящий момент они, как правило, не входят в программы базовых курсов большинства технических ВУЗов и могут рассматриваться как перспективные. Их наличие в составе стенда желательно, но не обязательно.

При выработке требований к приборному составу стенда приоритетным, по мнению автора, является положение: **студенты при выполнении лабораторных работ должны научиться пользоваться реальными измерительными приборами.** Несколько слов, поясняющих данное положение.

За последние годы стало популярным проведение виртуальных лабораторных работ [7,8]. При выполнении таких работ студенты используют моделирование электрических

схем в пакетах MultiSim, MatLab, MicroCap и других компьютерных средствах моделирования. Такие лабораторные работы практически не требуют затрат на оборудование и могут быть использованы при дистанционном обучении. Несомненно, компьютерное моделирование полезно, особенно в тех областях, где исследование реальных электротехнических и электронных устройств затруднительно. В частности, трудно найти альтернативу моделированию при исследовании цифровых и микропроцессорных схем. Однако моделирование не может заменить навыки работы с реальными приборами, а эти навыки, несомненно, понадобятся будущему инженеру после окончания университета.

В качестве альтернативы реальным измерительным приборам при проведении лабораторных работ рядом производителей предлагается использование компьютеризованных измерительных комплексов. Больших успехов в этом направлении достигла фирма National Instruments [9], предлагающая различные платы сопряжения и соответствующее программное обеспечение. Но этот вариант скорее применим при проведении научных исследований, хотя как дополнение к лабораторному оборудованию с реальными измерительными приборами тоже, несомненно, полезен.

Обобщая сказанное выше, можно утверждать, что современный лабораторный стенд должен быть оснащен необходимыми измерительными приборами, а как дополнение, компьютеризованным измерительным комплексом. Наличие в составе стенда компьютера позволяет установить на нем программы моделирования и проводить лабораторные работы сочетающие моделирование и реальный эксперимент.

Таким образом, минимальный набор измерительных приборов должен включать:

1. Двухканальный цифровой осциллограф. Здесь можно использовать, как осциллографы, выполненные в виде отдельного измерительного устройства, так и USB-осциллографы. Аналоговые осциллографы, предназначенные для лабораторных целей, в данный момент практически не производятся. Осциллограф необходим, прежде всего, при выполнении лабораторной работы по переходным процессам.
2. Фазометр, он используется при исследовании частотных характеристик пассивных двухполюсников и четырехполюсников, изучении резонанса и фильтров.
3. Цифровые вольтметры и амперметры (мультиметры). Здесь желательно иметь стационарные мультиметры с питанием от промышленной сети и частотным диапазоном измерения переменных напряжений и токов не менее 100 кГц. Как упрощенная альтернатива, допускается использование переносных мультиметров с батарейным питанием. Однако, эти приборы, несмотря на их универсальность (способность измерения постоянных и переменных напряжений и токов, а также сопротивления), обладают ограниченным (не более 1-2 кГц) частотным диапазоном.
4. Компьютерный измерительный комплекс, адаптированный для лабораторных целей. Использование стандартных компьютерных комплексов не желательно из-за избыточности возможностей и связанной с этим сложности их освоения.

3. Аналитический обзор лабораторных стендов, предлагаемых поставщиками

На отечественном и зарубежном рынках в настоящее время предлагаются к продаже различные варианты лабораторных стендов, в той или иной мере удовлетворяющие поставленным задачам. Рассмотрим продукцию некоторых производителей, каждый из которых исповедует определенную идеологию построения лабораторного стенда.

Наибольшую надежность, по мнению автора, обеспечивают стенды, в которых на лицевой панели заранее сконфигурированы конкретные лабораторные работы, и студенты при выполнении работ производят незначительные коммутации, устанавливая несколько (не более 4 – 6) дополнительных перемычек. Стенды такого типа (рис. 1), как было отмечено выше, обладают достаточно хорошей надежностью и длительным сроком эксплуатации. Модификацию такого стенда, но с цифровыми измерительными приборами в виде индикаторов, вмонтированных в стенд, предлагает в настоящее время НТП-центр (г. Могилев) [3]. Лицевая панель стенда НТЦ-01.06.1 "Теоретические основы электротехники и электроники с МПСО" приведена на рис. 5.

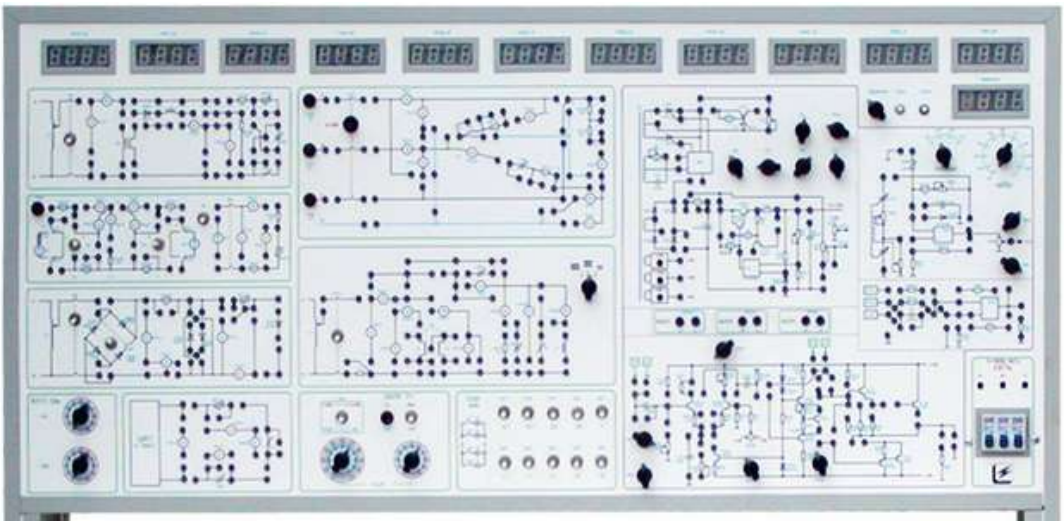


Рис. 5. Лицевая панель стенда НТЦ-01.06.1 "Теоретические основы электротехники и электроники с МПСО"

Программное обеспечение стенда (МПСО) позволяет:

- выводить в одних координатных осях до 21 измерительного канала, с индивидуальной настройкой параметров;
- производить анализ спектра любого из используемых измерительных каналов;
- производить измерение частоты сигнала на любом из используемых каналов;
- вычислять активную, реактивную составляющие мощности, полную мощность, коэффициент мощности;
- сохранять массив данных из буфера для последующего анализа;
- производить экспорт осциллограмм в графические форматы;

- задавать параметры ЦАП. ЦАП позволяет формировать сигналы синусоидальной, треугольной и прямоугольной формы.

Именно такая структура стенда обеспечивает повышенную надежность. Такое оборудование [10] используются на кафедре «Теоретической электротехники и электрификации нефтяной и газовой промышленности» Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина.

Еще лучшим вариантом является отсутствие каких-либо коммутирующих перемычек, устанавливаемых студентами. В этом случае акцент при выполнении работы смещается именно на процесс исследования и снятия характеристик, а не на монтажные работы по конфигурированию схемы. Такая модификация стенда НТЦ-01.01.Б [3], рис. 6, предлагаемая белорусскими производителями, содержит базис-стенд и набор модулей. Каждый модуль является конструктивно оформленной схемой отдельной лабораторной работы. Переход с одной работы на другую осуществляется сменой модуля разъем в разъем.



Рис. 6. Стенд НТЦ-01.01.Б с набором сменных модулей.

В качестве недостатка этих стендов можно отметить отсутствие реальных измерительных приборов, которые заменяют цифровые индикаторы. Программное обеспечение стендов достаточно сложное для использования в лабораторном практикуме из-за ограниченного числа часов.

Среди зарубежных поставщиков можно выделить немецкую фирму Лукас Нюлле, с которой у ряда российских ВУЗов есть большой и положительный опыт сотрудничества. В частности, в МГТУ им. Н.Э. Баумана с 2010 года успешно эксплуатируются [11, 12] стенды по электрическим машинам.

Система UniTrain [13], поставляемая фирмой Лукас Нюлле (внешний вид стенда показан на рис. 7), состоит из базис – стенда и набора сменных кассет. Все измерения проводятся посредством компьютеризованного измерительного комплекса на основе программного обеспечения LabSoft.

Комплекс снабжен многочисленными тестовыми и обучающими программами, что является несомненным его достоинством.

Стендами UniTrain оборудованы лаборатории кафедры «Электротехники и микропроцессолрной электроники» [14] Национального исследовательского технологического университета МИСиС.

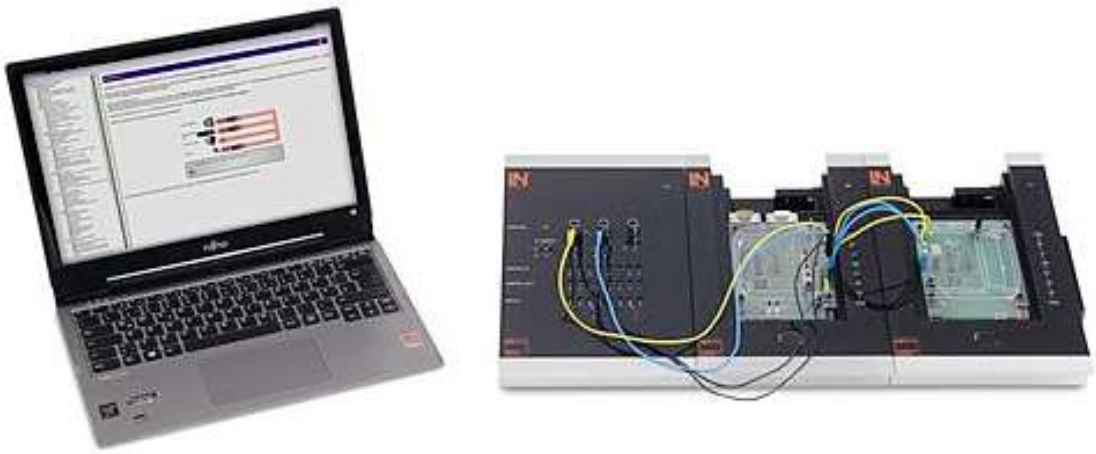


Рис. 7. Лабораторный комплекс UniTrain (поставщик Лукас Нюлле).

К недостаткам опять же можно отнести отсутствие измерительных приборов, а главное – настольное исполнение, что снижает надежность при фронтальном выполнении работ.

Среди отечественных предприятий, занимающихся разработкой и поставкой лабораторных стендов также можно выделить фирму Энергия Лаб (Воронеж) [15], производственное объединение Зарница (Москва) [16], Денар (Ярославль) [17] и другие. Они предлагают стенды, как в стационарном, так и в переносном (в виде чемодана) исполнении. Анализ оборудования этих производителей позволяет утверждать, что по уровню исполнения и идеологии построения, они уступают стендам НТП-центра.

Особое место в ряду производителей занимает челябинское предприятие ИПЦ «Учебная техника», которое предлагает несколько модификаций стендов по электротехнике и электронике, в том числе стенд «Теоретические основы электротехники» [18]. Стенд имеет несколько вариантов исполнения, один из которых включает компьютерный измерительный комплекс ВП ТОЭ, специально адаптированный для проведения лабораторных работ. Основа стенда – наборное поле, на котором монтируются мини блоки электроэлементов. Несмотря на то, что такая конфигурация стенда обеспечивает потенциально меньшую надежность, набор мини блоков с различными номинальными значениями по-

зволяет выполнить условие «многовариантности». На разных стендах выполняется одна и та же работа, но с миниблоками разных номиналов.

А главное, ИПЦ «Учебная техника» одно из немногих предприятий, идущее навстречу покупателю и конфигурирующее стенды в соответствии с задачами, поставленными заказчиком. Такой подход был реализован на кафедре ТОЭ МЭИ. Лабораторное оборудование, разработанное совместно МЭИ и ИПЦ «Учебная техника» [19] успешно эксплуатируется с 2009 года.

Все это в совокупности позволяет выделить ИПЦ «Учебная техника» в качестве поставщика стендов для кафедр электротехнической направленности технических ВУЗов.

4. Выработка рекомендаций по приборному составу лабораторного стенда «Теоретические основы электротехники»

Рассмотрим выбор конфигурации приборного состава на примере лабораторного оборудования, поставленного в 2016 году на кафедру «Электротехника и промышленная электроника» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

ИПЦ «Учебная техника» предлагает серийно выпускаемые стенды «Теоретические основы электротехники» в двух основных комплектациях. Первая комплектация содержит блок из двух мультиметров и цифровой осциллограф. Вторая комплектация содержит только виртуальный измерительный комплекс ВП ТОЭ. Ни одна из стандартных комплектаций не решает задачи универсальной лаборатории, сформулированные выше. И поэтому на основе переговоров с потенциальным поставщиком были выработаны следующие пожелания к приборному составу стендов:

- количество цифровых мультиметров увеличивалось с двух до четырех. Это обусловлено необходимостью одновременного измерения двух напряжений и токов при исследовании цепей постоянного и синусоидального тока. Наличие мультиметров, выполненных в виде обычных цифровых тестеров, объясняется необходимостью обучения студентов использованию простейших измерительных приборов;
- стенд комплектуется измерительным комплексом ВП ТОЭ (для измерения сдвига фаз, активной и реактивной мощности, а также обучению студентов использованию современных компьютерных измерительных комплексов);
- стенд комплектуется персональным компьютером, обеспечивающим работу комплекса ВП ТОЭ, а также являющегося средством моделирования электрических схем в среде MultiSim;
- в состав стенда включается USB-осциллограф для отображения переходных процессов, а также измерения высокочастотных сигналов, которые превышают измерительный диапазон комплекса ВП ТОЭ.

В соответствии с пожеланиями заказчика, в начале 2016 года на кафедру были поставлены 20 стендов для двух (по 10 стендов в каждой) универсальных лабораторий.

Лицевая панель стенда (без USB-осциллографа) показана на рис. 8.

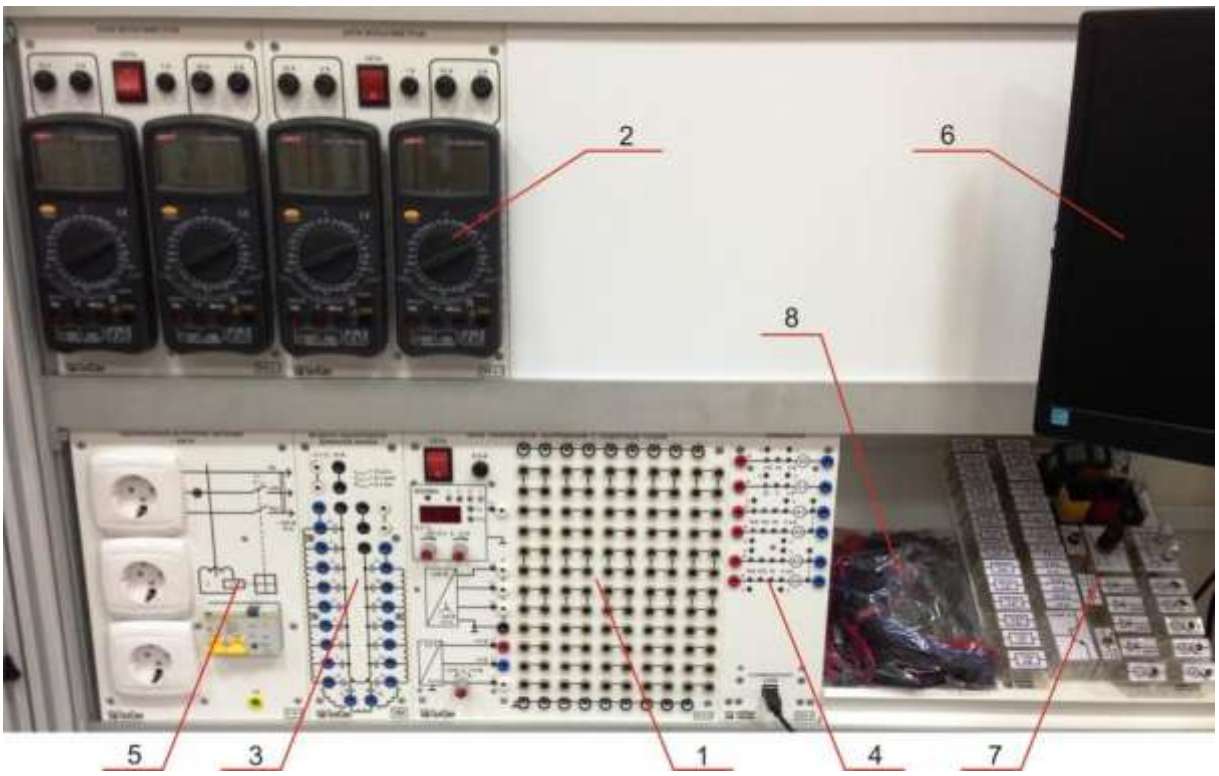


Рис. 8. Лицевая панель стенда: 1 – блок генераторов с наборным полем; 2 – блок мультиметров; 3 – модель однородной линии; 4 – коннектор; 5 – блок однофазного источника питания; 6 – монитор компьютера; 7 – набор мини блоков; 8 – соединительные провода и перемычки.

На этом оборудовании автором были поставлены 7 лабораторных работ для студентов как машиностроительных, так и приборостроительных специальностей. Лаборатория показала успешное функционирование в весеннем и осеннем семестре 2016 года.

Выводы

1. Проведен анализ лабораторной базы кафедр электротехнической направленности и выработаны требования к номенклатуре лабораторных работ, аппаратному и приборному составу перспективных лабораторных стендов универсальной лаборатории «Электрические цепи».

2. Проведен аналитический обзор продукции потенциальных поставщиков лабораторного оборудования, среди которых особо выделено предприятие ИПЦ «Учебная техника», продукция которого наиболее полно удовлетворяет выработанным требованиям.

3. Выработаны рекомендации по комплектации стендов «Теоретические основы электротехники», приборный состав которых позволяет выполнять комплекс лабораторных работ для студентов машиностроительных и приборостроительных специальностей.

Список литературы

1. Федеральные образовательные государственные стандарты. Режим доступа: http://минобрнауки.рф/%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B?events_sections=8 (дата обращения 01.11.2016).
2. Постановление X съезда Российского Союза ректоров. Режим доступа: http://www.rsr-online.ru/doc/!2014/10/30/201410_p1.pdf (дата обращения 01.11.2016).
3. Научные инновации для образования. НТП-центр. Режим доступа: http://ntpcentr.com/ru/catalog/01_00/ (дата обращения 01.11.2016).
4. Старикова Л.Д., Касьянова Ю.С. Методика профессионального обучения: практикум. – Екатеринбург: Изд-во Российского профессионального педагогического университета, 2013.– 131 с.
5. Лабораторная и практическая работа студентов. Режим доступа: http://www.madi.ru/2173-kafedra-elektrotehnika-i-elektrooborudovanie-laboratorna.html (дата обращения 01.11.2016).
6. Миниатюрная электротехническая лаборатория МЭЛ-2. Режим доступа: http://toe-mirea.ru/oborud.html (дата обращения 01.11.2016).
7. Карлащук В.И., Карлащук С.В. Электронная лаборатория на IBM PC. – Москва: Изд-во Солон-пресс, 2009.- 509 с.
8. Алиев И.И. Виртуальная электротехника. – Москва: Изд-во Радиософт, 2003.-112 с.
9. Измерительные системы National Instruments. Режим доступа: http://www.national-instruments.ru/ (дата обращения 01.11.2016).
10. Учебные лаборатории кафедры теоретической электротехники и электрификации. Режим доступа: http://www.gubkin.ru/faculty/automation_and_computer_science/chairs_and_departments/teep/materialno_tekhnicheskaya-baza/study_laboratory/s (дата обращения 01.11.2016).
11. Красовский А. Б., Васюков С. А. Особенности применения оборудования фирмы Лукас Нюлле в лаборатории электрических машин кафедры «Электротехника и промышленная электроника» МГТУ им. Н.Э. Баумана// Инженерный вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана: электронное научное издание. 2013. № 10. С. 1035-1060. Режим доступа: http://engbul.bmstu.ru/doc/635835.html (дата обращения 01.11.2016).
12. Васюков С. А., Красовский А. Б. Опыт применения оборудования фирмы Лукас Нюлле в лаборатории электрических машин при исследовании характеристик двигателей постоянного тока // Инженерный вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана: электронное научное издание. 2013. № 11. С. 577-600. Режим доступа: http://engsi.ru/doc/637883.html(дата обращения 01.11.2016).
13. Система UniTrain. Режим доступа: https://www.lucas-nuelle.ru/2936/apg/8199/UniTrain.htm (дата обращения 01.11.2016).

14. Инновационная лаборатория электротехники и электроники. Режим доступа: http://www.kaf-elteh.narod.ru/kaf-lab/B-303.html (дата обращения 01.11.2016).
15. Учебно-лабораторные стенды. Режим доступа: http://www.vrnlab.ru/catalog_section/electrotehnika-i-electronika/ (дата обращения 01.11.2016).
16. Каталог продукции: Электротехника и промышленная электроника. Режим доступа: https://zarnitza.ru/katalog-tovarov/uchebnoe-laboratornoe-oborudovanie/elektrotekhnika-i-osnovy-elektroniki/ (дата обращения 01.11.2016).
17. Учебно-лабораторный кейс «Электротехника и основы электроники». Режим доступа: http://www.denar-prof.ru/products/4467 (дата обращения 01.11.2016).
18. Стенды «Теоретические основы электроники». http://www.galsen.ru/catalog/ (дата обращения 01.11.2016).
19. Лабораторный и компьютерный комплексы МЭИ. Режим доступа: / http://toe.mpei.ru/ (дата обращения 01.11.2016).

e l e c t r o n i c j o u r n a l
SCIENCE & EDUCATION
Bauman Moscow State Technical University. El № FS 77 - 48211. ISSN 1994-0408

An Integrated Approach to Selecting Equipment for High-Grade and High-Quality Laboratory Practicum in Electrotechnolgy Courses of Engineeriong Majors

 # 11, November 2016

DOI: 10.7463/1116.0850103

S.A. Vasyukov[1,*]

[1]Bauman Moscow State Technical University,
Moscow, Russia
[*]sa_vasyukov@mail.ru

The article deals with requirements development for laboratory procedural nomenclature, hardware and instrumentation of advanced laboratory stands for the universal Laboratory "Electrical circuits". Based on many years' experience and analysis of current trends in education development, it was concluded that the implementation of laboratory works in electrical engineering requires a comprehensive approach. This approach involves integrated use of conventional instrumentation in conjunction with the virtual measurement systems and software of computer modeling.

The article provides an analytical overview of the laboratory equipment produced by potential suppliers to electro-technology departments. Particular attention is paid to the quality of equipment and the capability of stand configuration according to the customer's instructions.

Product analysis of leading manufacturers such as the NTP Center (city of Mogilev), Lucas Nülle Training Systems (city of Kerpen, Germany), EPC "Training Equipment" (city of Chelyabinsk) allows us to select a potential supplier of laboratory stands in accordance with current requirements. The article draws conclusion that, at this stage of development, products of the EPC "Training Equipment" meet the needs of departments most completely and allow students, majoring in mechanical and instrumentation engineering, to use the same stands for their laboratory works.

Despite the fact that the EPC "Training equipment" configuration provides potentially lower reliability, using a set of different nominal valued small blocks allows fulfilling a stipulation of "multi-variance".

All together allows electro-technology departments of higher engineering institutions to select the EPC "Training equipment" as a supplier of the stands.

References

1. Federal state educational standards. Aviable at: http://xn--80abucjiibhv9a.xn--p1ai/%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B?events_sections=8, accessed 01.11.2016. [In Russian]
2. Resolution of the 10th Congress of the Russian Union of Rectors. Aviable at: http://www.rsr-online.ru/doc/!2014/10/30/201410_p1.pdf, accessed 01.11.2016. [In Russian]
3. Scientific innovations for education. *NTP "Centr"*. Aviable at: http://ntpcentr.com/ru/catalog/01_00/, accessed 01.11.2016.
4. Starikova L.D., Kas'ianova Iu.S. Metodika professional'nogo obucheniia: praktikum [Methodology of Professional Training: practical course]. *Publishing of the Russian State Vocational Pedagogical University*. Yekaterinburg, 2013. 131 p. [In Russian]
5. Laboratornaia i prakticheskaia rabota studentov [Laboratory and practical work of students]. Aviable at: http://www.madi.ru/2173-kafedra-elektrotehnika-i-elektrooborudovanie-laboratorna.html, accessed 01.11.2016. [In Russian]
6. Miniatiurnaia elektrotekhnicheskaia laboratoriia MEL-2 [Miniature electrotechnical laboratory MEL-2]. Aviable at: http://toe-mirea.ru/oborud.html, accessed 01.11.2016. [In Russian]
7. Karlashchuk V.I., Karlashchuk S.V. Elektronnaia laboratoriia na IBM PC [Electronic lab on the IBM PC]. *Solon-press*. Moscow, 2009. 509 p. [In Russian]
8. Aliev I.I. Virtual'naia elektrotekhnika [Virtual electrotechnics]. *Radiosoft*. Moscow, 2003. 112 p. [In Russian]
9. Measuring systems "National Instruments". Aviable at: http://www.national-instruments.ru/, accessed 01.11.2016.
10. Uchebnye laboratorii kafedry teoreticheskoi elektrotekhniki i elektrifikatsii. Aviable at: http://www.gubkin.ru/faculty/automation_and_computer_science/chairs_and_departments/teep/materialno_tekhnicheskaya-baza/study_laboratory/s, accessed 01.11.2016. [In Russian]
11. Krasovskii A.B., Vasiukov S.A. Osobennosti primeneniia oborudovaniia firmy Lukas Niulle v laboratorii elektricheskikh mashin kafedry «Elektrotekhnika i promyshlennaia elektronika» MGTU im. N.E. Baumana [Features of the application of equipment by Lucas Nülle Company in the laboratory of "Electrical and Industrial Electronics" chair of Bauman MSTU]. *Inzhenernyi vestnik = Instrument Engineering*. Bauman Moscow State Technical University: Electronic scientific publication. 2013. No. 10. P. 1035-1060. Aviable at: http://engbul.bmstu.ru/doc/635835.html, accessed 01.11.2016. [In Russian]
12. Vasiukov S.A., Krasovskii A.B. Opyt primeneniia oborudovaniia firmy Lukas Niulle v laboratorii elektricheskikh mashin pri issledovanii kharakteristik dvigatelei postoiannogo toka [Experience of application of equipment of Lucas Nülle Company in the laboratory of electrical machines in the study of the characteristics of DC motors]. *Inzhenernyi vestnik = Instrument Engineering*. Bauman Moscow State Technical University: Electronic scientific

publication. 2013. No. 11. P. 577-600. Aviable at: http://engsi.ru/doc/637883.html, accessed 01.11.2016. [In Russian]
13. UniTrain System. Aviable at: https://www.lucas-nuelle.ru/2936/apg/8199/UniTrain.htm, accessed 01.11.2016.
14. Innovative Laboratory of electrical engineering and electronics. Aviable at: http://www.kaf-elteh.narod.ru/kaf-lab/B-303.html, accessed 01.11.2016. [In Russian]
15. Educational and laboratory stands. Aviable at: http://www.vrnlab.ru/catalog_section/electrotehnika-i-electronika/, accessed 01.11.2016. [In Russian]
16. Product Catalog: Electrical and Industrial Electronics. Aviable at: https://zarnitza.ru/katalog-tovarov/uchebnoe-laboratornoe-oborudovanie/elektrotekhnika-i-osnovy-elektroniki/, accessed 01.11.2016. [In Russian]
17. “Electrical engineering and basic electronics” educational and laboratory case. Aviable at: http://www.denar-prof.ru/products/4467, accessed 01.11.2016. [In Russian]
18. “Theoretical basis of Electronics” stands. Aviable at: http://www.galsen.ru/catalog/, accessed 01.11.2016. [In Russian]
19. Laboratory and computer complex of Moscow Power Engineering Institute. Aviable at: http://toe.mpei.ru/, accessed 01.11.2016. [In Russian]