

УДК 621.3.07

**Н.Н. ВОРСИН**  
Брест, БрГТУ

### **ЦИФРОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКТ ДЛЯ УЧЕБНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

Организация лабораторного практикума по электротехнике требует большого количества измерительных приборов. В случае использования отдельных приборов (амперметров, вольтметров, ваттметров) [1] электрические цепи оказываются весьма громоздкими, а их сборка и отладка занимает очень много учебного времени, что далеко не всегда является положительным фактором. Для его преодоления довольно часто обращаются в противоположную крайность – вовсе исключают из лабораторных работ сборку цепей и возможность видеть исследуемое устройство путем использования «лабораторных стендов». Изучаемое устройство или цепь является частью стенда или подключается к нему очень простым способом, а функция учащихся сводится к манипулированию ручками управления стенда и списыванию показаний его приборов. Примером может быть стенд НТЦ-01.01 Могилевского НТЦ. Несмотря на очевидную дидактическую порочность данного метода, он пользуется немалой популярностью, так как упрощает постановку практикума для его организаторов.

Еще одним способом организации практикума является использование стандартных измерительных комплектов К505, К540 и т.п. [2], которые почти полностью обеспечивают необходимые измерения, вырабатывают навыки обращения с реальной аппаратурой и не «прячут» от учащихся изучаемые устройства.

Недостатками последнего подхода является громоздкость и избыточность стандартных комплектов, высокая стоимость и несоответствие их современной, преимущественно цифровой, измерительной технике.

В качестве альтернативы стандартным комплектам специально для организации учебного практикума разработан цифровой трехфазный измерительный комплект с клеммами нулевого провода (по аналогии К505). В отличие от прототипов данный прибор позволяет измерять как переменный, так и постоянный ток нулевого провода. Для измерений переменных линейных токов используются токовые трансформаторы, а измерение тока нулевого провода осуществляется с помощью шунта 0.05 Ом. Результаты измерений – действующие значения напряжения, тока и активной мощности в выбранной фазе или нулевом проводе – отображаются на ЖК-дисплее. Хорошая разрешающая способность цифрового индикатора и

ограниченный в учебных лабораториях диапазон возможных значений измеряемых величин (250 В, 5 А, 500 Вт) позволили отказаться от переключателей пределов измерений. Единственным органом управления является кнопка выбора измеряемой фазы. Обозначение выбранной фазы так же, как и порядок чередования фаз, отображаются на дисплее.

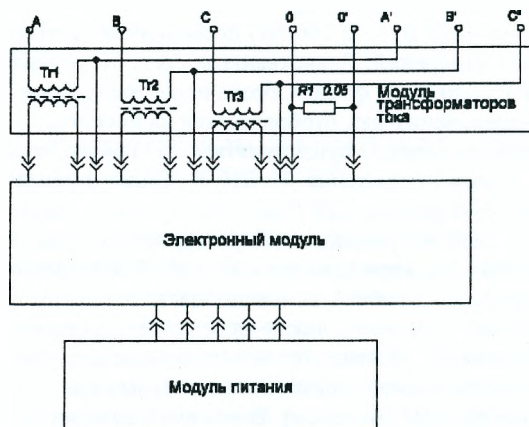
Питание прибора может осуществляться от любого источника с действующим значением напряжения 40–230 В. Вилка питания может быть включена в обычную розетку 220 В или между генераторными клеммами самого прибора, если напряжение лабораторного источника находится в указанных пределах. Размеры прибора 100×125×200 мм, масса 0.8 кг.

Функционирование прибора основано на вычислениях действующих значений напряжений и токов, а также активной мощности по отсчетам их мгновенных значений. Взятие отсчетов осуществляется с периодом 120 мкс. Постоянная времени накопления результатов составляет около 0.5 с (осреднение по 4096 отсчетам). В режимах измерений фазных величин происходит цифровая отфильтровка постоянных составляющих напряжений и токов с характеристическим временем 0.5 с, поэтому для стабилизации показаний после включения прибора или изменения постоянных составляющих требуется 2–3 с, что незаметно в практике измерений. В режиме измерения тока нулевого провода подавление постоянной составляющей отключается. В этом режиме измеряются действующие значения напряжения между клеммами А и 0, тока между клеммами 0 и 0' и активной мощности, проходящей в нагрузку, подключенную между клеммами А' и 0', причем ток может быть постоянным, переменным или пульсирующим.

Описанный измерительный алгоритм реализован на основе микроконтроллера PIC24F04KA201. Весьма существенной является возможность цифровой калибровки тестера по приборам высокого класса точности. В ходе калибровки определяется ряд констант, которые записываются в постоянную память микроконтроллера и используются им в дальнейшем для вычислений результатов измерений. Данное обстоятельство позволяет исключить из прибора органы аналоговых регулировок, отказаться от прецизионных аналоговых элементов, что существенно удешевляет прибор.

Структура измерительного комплекта показана на рисунке. В нем выделены три функциональных узла: модуль питания, модуль трансформаторов тока, электронный модуль.

Первичные катушки токовых трансформаторов соединяют между собой одноименные генераторные и нагрузочные клеммы.



Рисунок

Как видно из структурной схемы, по способам включения в измеряемую цепь учебный комплект не отличается от стандартных и может заменять их без изменений методических параметров лабораторных работ. Некоторые дополнительные возможности появляются вследствие лучшей разрешающей способности цифровых измерителей: точнее определяется режим резонанса, вычисляется коэффициент мощности, улучшается совпадение измеренных величин с расчетными. Дополнительные возможности также вытекают из способности измерять ток нулевого провода и проводить измерения на постоянном и пульсирующем токе. Индикация результатов измерений на дисплее содержит обозначение размерностей, что немаловажно для учебных целей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дементьев, И. А. Учебно-лабораторный практикум по дисциплине «Электротехника и электроника»: метод. указания / И. А. Дементьев, С. В. Полетаев, К. Е. Чаадаев. – Ухта: Изд-во УГТУ, 2013. – 47 с.
2. Общая электротехника: метод. указания к лаб. практикуму / В. А. Толмачёв [и др.]. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 71 с.