

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД «ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ОРГАНЫ НАПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТИ»

Д.И. Зализный, И.В. Чашечкин

*Учреждение образования: «Гомельский государственный
технический университет им. П. О. Сухого»*

г. Гомель, Республика Беларусь

zaldmi@yandex.ru

Резюме

Ключевые слова: НАПРАВЛЕНИЕ МОЩНОСТИ, ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД, ФАЗОРЕГУЛЯТОР, МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ОРГАН

Представлено описание нового лабораторного стенда, позволяющего изучить особенности функционирования и настройки электронных измерительных органов направления мощности. Стенд имитирует сигналы напряжения и тока, получаемые при измерениях в электрической сети, с помощью микропроцессорного фазорегулятора. Эти сигналы подаются на электронную схему, узлы которой работают аналогично программному обеспечению современных терминалов релейной защиты и автоматики.

Разработанный стенд предназначен для обучения студентов специальностей электроэнергетического профиля.

Abstract

LABORATORY STAND “POWER DIRECTION ELECTRONIC MEASURING CELLS”

Key words: POWER DIRECTION, LABORATORY STAND, PHASE-SHIFTER, MICROPROCESSOR-BASED, MEASURING CELL

The description of a new laboratory stand is presented in this paper. The laboratory stand permits to study the functioning and settings features of power direction electronic measuring cells. The stand

simulates voltage and current signals obtained by measurements in electric grids and uses microprocessor-based phase-shifter. These signals go to the electronic circuit nodes, which work similarly to the software of modern relay protection and automation terminals.

The developed stand is intended for training students majoring in electro-energy profile.

Учёт направления активной и реактивной мощности в электрических сетях является важным фактором, как на этапе проектирования, так и на этапе эксплуатации систем электроснабжения. Поэтому очевидно, что при обучении инженеров-энергетиков этому вопросу нужно уделять серьёзное внимание.

На кафедре «Электроснабжение» ГГТУ им. П.О. Сухого был создан лабораторный стенд «Измерительные органы направления мощности» (рис. 1), предназначенный для изучения процессов изменения направления мощности в электрических сетях и принципов работы аппаратных средств, обеспечивающих реагирование при смене знака мощности.

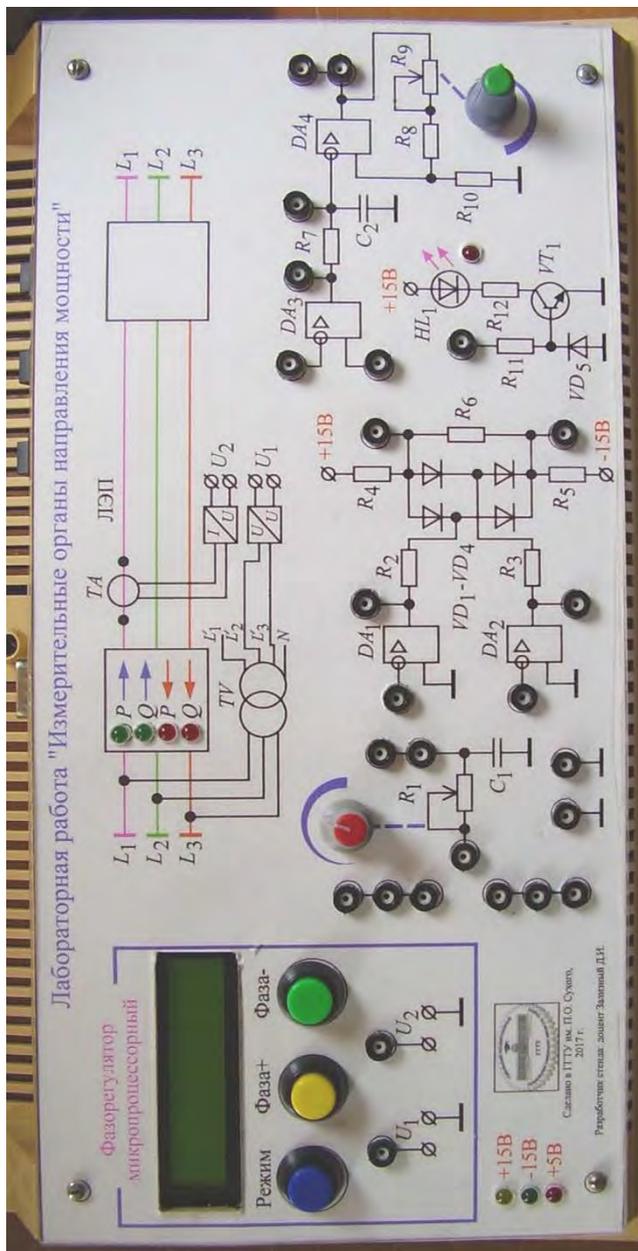


Рис. 1. Внешний вид лабораторного стенда

В левой части стенда расположен электронный фазорегулятор, реализованный на основе микроконтроллера *Atmega8535* и генерирующий два напряжения синусоидальной формы U_1 и U_2 с амплитудой около 3,5 В. При этом используется широтно-импульсная модуляция (ШИМ). Значение фазы каждого из генерируемых напряжений можно изменять во всём угловом диапазоне с шагом $\pm 2^\circ$ с помощью кнопок «Фаза+» и «Фаза-» и наблюдать это значение на дисплее. При нажатии на кнопку «Режим» на дисплее отображаются две надписи. Первая надпись «Фаза напряжения» соответствует изменению фазы напряжения U_1 , условно пропорционального напряжению в линии электропередачи (ЛЭП). Вторая надпись «Фаза тока» соответствует изменению фазы напряжения U_2 , условно пропорционального току в ЛЭП.

В верхней части стенда изображён фрагмент схемы электроснабжения в виде трёхфазной трёхпроводной высоковольтной ЛЭП, с противоположных концов которой располагаются высоковольтные выключатели. Фазы напряжений обозначены: L_1 , L_2 , L_3 .

Внутри первого выключателя расположены 4 светодиода, указывающие направления активной P и реактивной Q мощности. Положительным считается направление от шин подстанции в ЛЭП.

Напряжение U_1 условно формируется через измерительный трансформатор напряжения TU и измерительный преобразователь «напряжение – напряжение». Напряжение U_2 условно формируется через измерительный трансформатор тока TA и измерительный преобразователь «ток – напряжение».

Таким образом, в лабораторном стенде имитируется девяностоградусная схема подключения измерительного органа направления мощности (ИОНМ).

В нижней части стенда расположены гнезда и обозначения электронных элементов для сборки схемы, имитирующей работу ИОНМ.

На этапе проектирования стенда были проведены теоретические исследования, позволяющие выявить особенности использования ШИМ для получения сигналов синусоидальной формы и проверить правильность работы электронной схемы, имитирующей работу ИОНМ.

Вначале была составлена структурная схема стенда (рис. 2).

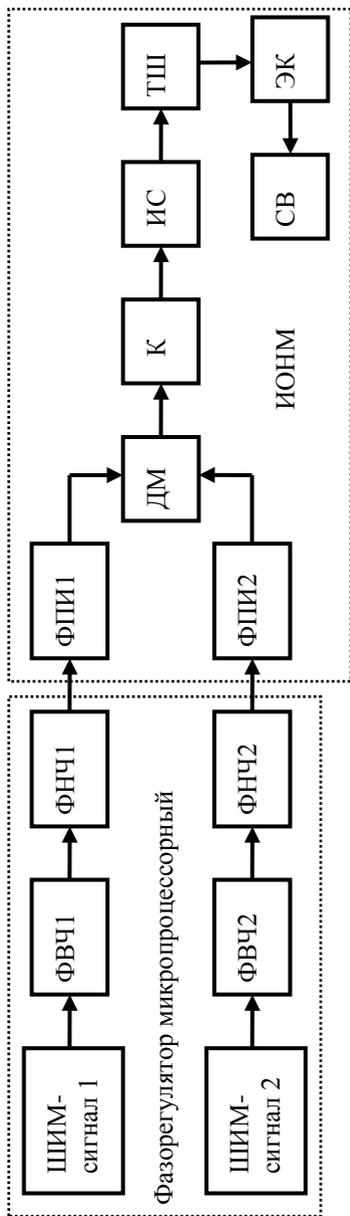


Рис. 2. Структурная схема лабораторного стенда:

ШИМ – широтно-импульсная модуляция; ФВЧ – фильтр высоких частот; ФНЧ – фильтр низких частот; ФПИ – формирователь прямоугольных импульсов; ДМ – диодный мост; К – компаратор; ИС – интегрирующая схема; ТШ – триггер Шмидта; ЭК – электронный ключ; СВ – светодиод; ИОНМ – измерительный орган направления мощности

Схема работает следующим образом. Два ШИМ-сигнала, формируемые микроконтроллером, поступают на фильтры высоких частот ФВЧ1 и ФВЧ2, предназначенные для подавления их постоянной составляющей. Далее фильтры низких частот ФНЧ1 и ФНЧ2 выделяют основную гармоническую составляющую ШИМ-сигналов, то есть обеспечивают получение сигналов, близких к синусоидальной форме, как при реальных измерениях в электрических сетях.

Сгенерированные фазорегулятором сигналы в моменты перехода через ноль преобразуются в прямоугольные импульсы с помощью формирователей ФПИ1 и ФПИ2, что соответствует функционированию алгоритма микропроцессорного ИОНМ в современных терминалах релейной защиты и автоматики (РЗА). Полученные прямоугольные импульсы поступают затем на схему сравнения знаков напряжений, состоящую из диодного моста ДМ, компаратора К и интегрирующей схемы ИС. Схема сравнения, выполненная на основе электронных элементов, выполняет те же операции, что и соответствующее программное обеспечение РЗА, но при этом позволяет изучить все процессы с помощью осциллографа. Напряжение, получаемое на выходе схемы сравнения, пропорционально фазовому сдвигу между сигналами, формируемыми фазорегулятором, то есть непосредственно связано с направлением полной мощности в ЛЭП в рамках процессов, имитируемых в рассматриваемом лабораторном стенде (см. рис. 1).

Триггер Шмидта ТШ позволяет регулировать коэффициент возврата ИОНМ.

Электронный ключ ЭК и светодиод СВ выполняют функции сигнального элемента.

Принципиальная схема стенда была реализована в программе *Electronics Workbench* (рис. 3).

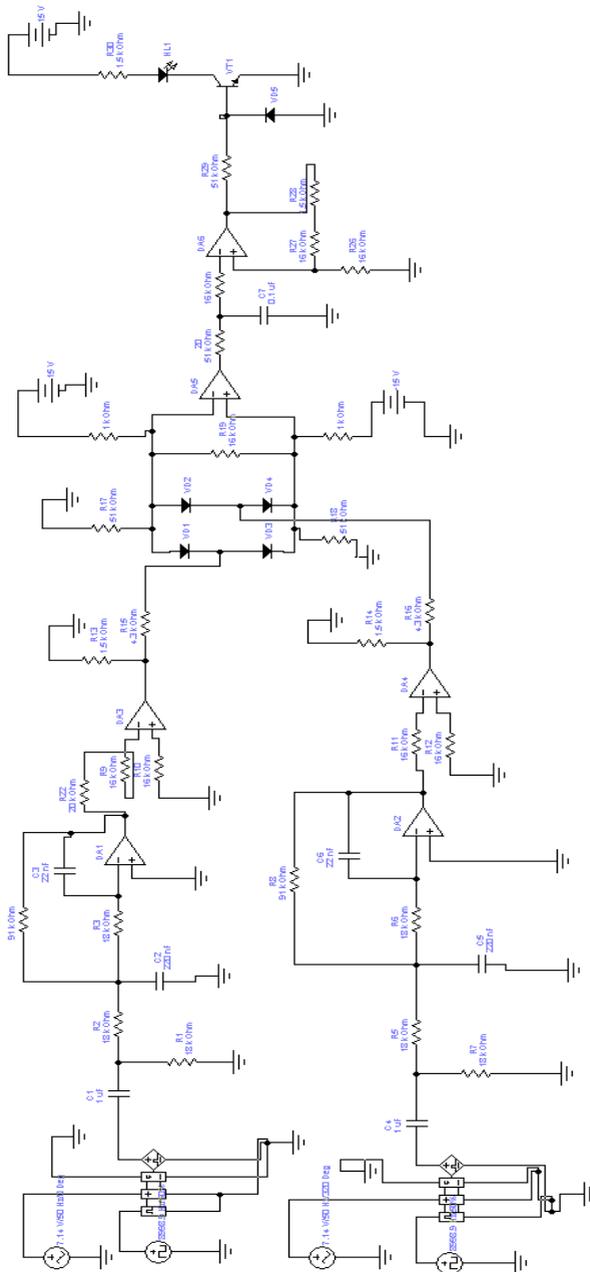


Рис. 3. Схема лабораторного стенда в программе Electronics Workbench

Эта схема позволила выявить все особенности функционирования лабораторного стенда, а также проверить правильность расчёта параметров электронных компонентов.

В методических указаниях к лабораторной работе студентам предлагается выполнить измерения и построить угловую характеристику ИОНМ, рассчитать коэффициент возврата и угол максимальной чувствительности, сделать выводы о влиянии знаков активной и реактивной мощности на срабатывание и возврат ИОНМ. Кроме этого, студенты изучают осциллограммы в различных узлах ИОНМ, что позволяет более глубоко и правильно понять как физику процессов изменения направления мощности в электрических сетях, так и особенности функционирования и настройки электронных ИОНМ.

Разработанный лабораторный стенд будет использоваться для выполнения лабораторной работы по дисциплинам «Автоматизация электрических сетей» и «Микропроцессорные и микроэлектронные устройства в энергетике».

УДК 620.92

РАСЧЕТ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГТУ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ТЭЦ В МЕЖОТОПИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД НА ПРИМЕРЕ ГОМЕЛЬСКОЙ ТЭЦ-2

В. П. Ключинский

научный руководитель М. Н. Новиков, к.т.н., доцент
*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет им. П. О. Сухого»
г. Гомель, Республика Беларусь, vlad240394@mail.ru*

Ключевые слова: энергосбережение, применение ГТУ, отопительные ТЭЦ, повышение эффективности работы ТЭЦ.

Key words: energy saving, application of gas turbine units, heating thermal power plants, increasing the efficiency of the combined heat and power plant.