

$$\psi'(t)bu(t) = \max_{|u(t)| \leq 1} \psi'(t)bu, \quad t \in T_n, \quad (5)$$

$$\Delta_{.xj} = \begin{cases} \geq 0, x_{0j} = d_{*j} \\ = 0, d_{*j} < x_{0j} < d_j^* \\ \leq 0, x_{0j} = d_j^*, j \in J_n. \end{cases}$$

Если  $\{(x_0, u), \dots, S_{on}\}$  – невырожденная опорная совокупность, то для оптимальности пары  $(x_0, u)$  необходимо, чтобы вдоль  $\{(x_0, u), S_{on}\}, \psi(t), t \in T$ , выполнялись соотношения (5).

### Литература

- 1 Максименко, А. С. Дискретная задача оптимального управления с нефиксированным начальным состоянием / А. С. Максименко, Г. Л. Карасёва // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях. Материалы XVIII Республиканская научная конференция студентов и аспирантов : в 2 ч. – Гомель, 23–25 марта 2015 / ГГУ им. Ф. Скорины, 2015. – Ч. 1. – С. 23–24.
- 2 Максименко, А. С. Специальная задача оптимального управления с нефиксированным начальным состоянием / А. С. Максименко, Т. А. Михаленко // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях. Материалы XIX Республиканская научная конференция студентов и аспирантов. – Гомель, 21–23 марта 2016 / ГГУ им. Ф. Скорины, 2016. – Ч.1. – С. 22–23.

УДК 621.314.224.089.6

*Д. В. Миранович*

### АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОВЕРКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

*В статье представлен возможный путь усовершенствования рабочего места метролога по поверке трансформаторов тока. Проанализировано текущее состояние установки, предназначенной для поверки, и её функциональных узлов. Предложены некоторые меры для достижения автоматизации процесса поверки трансформаторов тока. Подобран перечень современных компонентов, необходимых для проектируемого комплекса и составлена его организационная схема.*

Измерительный преобразователь тока (ИПТ) – это средство измерения, предназначенное для преобразования первичного тока в такой выходной сигнал, информативные параметры которого функционально связаны с информативными параметрами первичного тока. В основу создания ИПТ положены различные физические явления. В электротехнике широко используются ИПТ, разработанные на основе трансформаторного эффекта.

Трансформатор тока (ТТ) – это такой трансформатор, в котором выходной сигнал является током, сила которого пропорциональна силе первичного тока, а сдвиг фазы между ними составляет угол, близкий к 180 градусам. Срок службы трансформатора составляет порядка 25 лет. Чтобы убедиться, что используемый трансформатор соответствует техническим характеристикам и работает исправно, каждые 4 года необходимо осуществлять метрологический контроль в виде поверки.

Процесс замещения ручного труда использованием автоматическими системами актуален и в сфере метрологии. С целью повышения продуктивности труда появляется необходимость ограничения рабочего времени метролога в ряде повторяющихся однотипных процедур. Использование налаженной оптимизированной автоматической системы позволит достичь этой цели. Функциями метролога, производящего поверку электрооборудования, остаётся только установка поверяемого объекта, задание параметров методики измерений и оформление заключения о поверке.

Для достижения поставленной цели необходимо аргументированно подобрать комплектующие элементы и разработать организационную схему автоматизированного комплекса, соответствующего определенным метрологическим характеристикам.

Во время прохождения практики на РУП «Гомельский ЦСМС» автором проанализировано текущее состояние рабочей поверочной установки, предложен путь её усовершенствования. Было выявлено, что самым трудоемким этапом поверки является установка значений силы первичного тока, поскольку с использованием включённого в схему ЛАТРа возможна только грубая регулировка.

Согласно ГОСТ [1,2] для определения пригодности ТТ класса точности 0,5S необходимо и достаточно измерить токовую и угловую погрешности в пяти точках: 1, 5, 20, 100 и 120 процентов от номинального значения. Это обусловлено тем, что не всегда ТТ используется при номинальном значении первичного тока, а конструктивно сердечники таких ТТ изготавливаются из электротехнической стали, которая имеет свойство намагничиваться при малых первичных токах. Для контроля степени намагничённости используют поверяемые точки 1, 5 и 20 процентов от номинального значения первичного тока. Во-вторых, трансформаторы должны иметь некоторый запас прочности и работать при небольшой перегрузке, например, в случае аварийной ситуации или поломки на линии. Для ТТ различного класса точности значения относительных погрешностей различны. На рисунке 1 показаны графики зависимости токовой и угловой погрешностей от силы первичного тока.

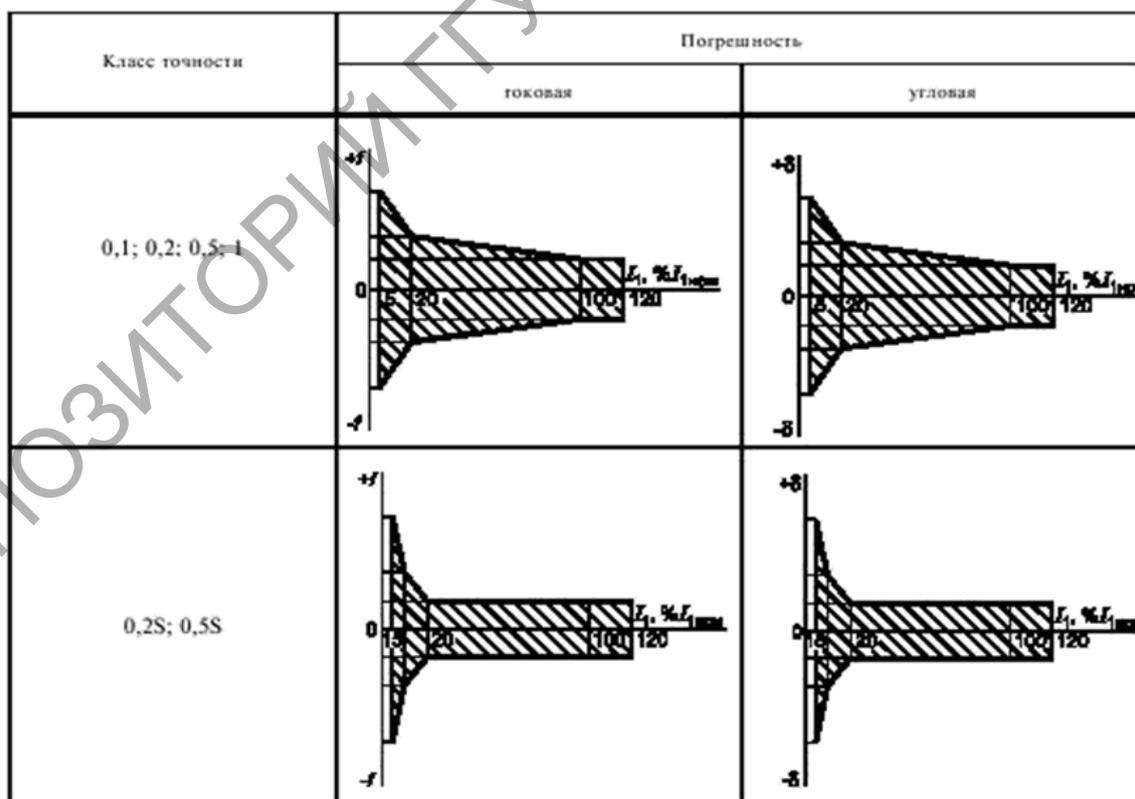


Рисунок 1 – Графики зависимости допустимой погрешности ТТ от силы первичного тока

Таким образом, определив в ходе поверки графики зависимости погрешностей, можно установить класс точности поверяемого ТТ.

На основании проведенного анализа предложены следующие меры.

1. Заменить ЛАТР автоматическим источником тока типа СА3600 (рисунок 2), производимым в Украине. Его использование предоставляет возможность бесконтактной регулировки силы тока посредством компьютерной программы. Таким образом, устраняется один из источников дополнительной погрешности, каким является человеческий фактор.



Рисунок 2 – Источник тока СА3600

Источник тока СА3600 предназначен для питания измерительной цепи переменным током при проведении поверок измерительных трансформаторов тока с номинальным значением первичного тока до 5000 А.

Его функциональные возможности:

- управление с использованием компаратора СА507 и персонального компьютера;
- автоматическая установка заданного значения тока в соответствии с программой поверки ТТ;
- максимальное устанавливаемое значение силы тока 5000 А;
- обеспечивает ток в измерительной цепи, находящейся на расстоянии до 5 м от расположения рабочего места оператора.

2. Для управления процессом измерения и автоматизации создания протоколов необходим такой компаратор, использование которого обеспечит сравнение показаний вторичных токов эталонного и поверяемого ТТ, расчёт и передачу значений погрешностей через порт USB на компьютер.

Проблема может быть решена включением в поверяющую схему компаратора СА507 (рисунок 3). Компаратор СА507 предназначен для измерения величин, которые используются при поверке ТТ, в соответствии с ГОСТ 8.217 [1].

Его функциональные возможности:

- сравнение показаний при поверке ТТ и ТН;
- поверка магазинов нагрузок ТТ и ТН;
- измерение сопротивления нагрузки во вторичной цепи ТТ и ТН в процессе эксплуатации;
- управление процессом измерения с помощью клавиатуры, расположенной на передней панели компаратора и с помощью персонального компьютера;
- автоматическое создание протоколов поверки по заданному шаблону;

- редактирование и создание новых шаблонов протоколов поверки;
- сохранение результатов измерений во внутренней памяти Компаратора;
- сохранение протоколов в памяти персонального компьютера;
- сигнализация о неправильном включении трансформаторов.



Рисунок 3 – Компаратор СА507

**3.** В качестве эталонного трансформатора в действующей установке используется образцовый трансформатор И56М класса точности 0,05. В ходе работы выявлены следующие недостатки используемого эталона:

а) трансформатор И56М предназначен для использования при силе первичного тока, не превышающего 1000 А, что ограничивает возможности поверки ТТ большего номинала;

б) используемый трансформатор (1979 года выпуска) устарел как морально, так и физически, что сказывается на погрешности измерений.

Для решения поставленных задач предложено заменить И56М на современный эталонный трансформатор СА535 в комплекте с расширителем диапазона РД564 (рисунок 4), предназначенного для увеличения диапазона возможных значений силы первичного тока до 5000 А. Важным параметром нового эталона является класс точности 0.02, что даёт возможность производить поверку и лабораторных трансформаторов.



Рисунок 4 – Эталонный трансформатор тока СА535 и расширитель диапазона РД564

В соответствии с полученными результатами анализа автором предложена организационная схема (рисунок 5) измерительного комплекса, предназначенного для автоматизированной поверки ТТ.

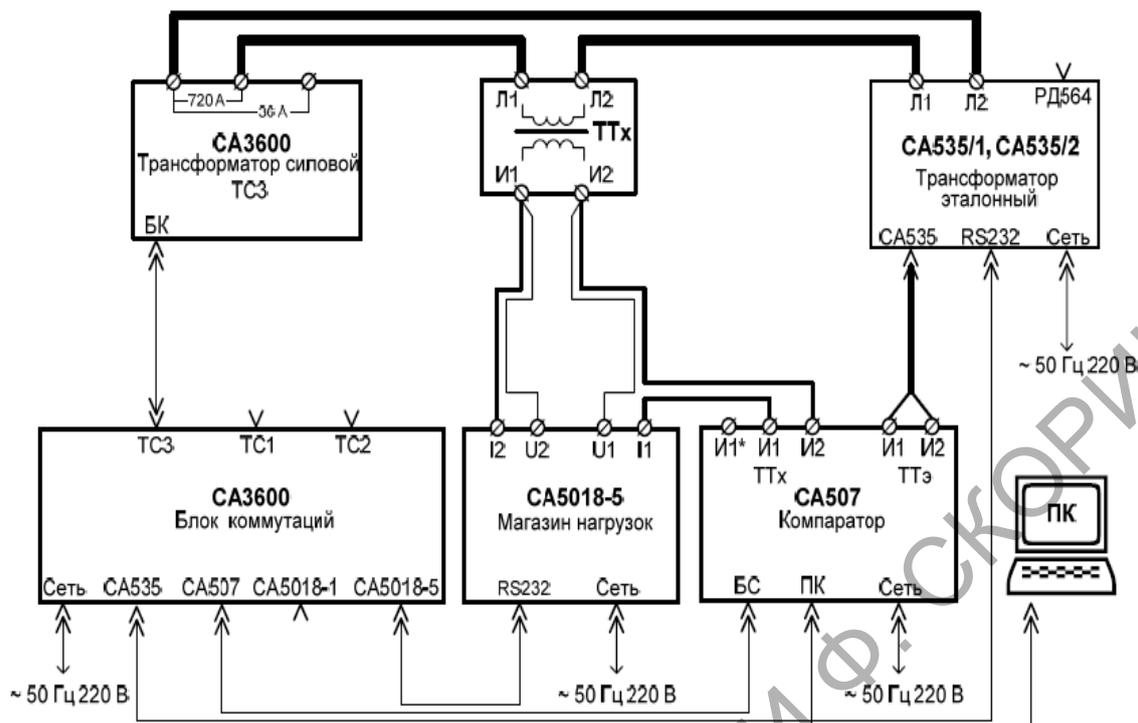


Рисунок 5 – Организационная схема поверочного комплекса

### Литература

- 1 ГОСТ 8.217-2003. Трансформаторы тока. Методика поверки. – Введ. 22.05.2003. – Минск : БелГИМ: Госстандарт, 2003. – 11 с.
- 2 ГОСТ 7746-2001. Трансформаторы тока. Общие технические условия. – Введ. 01.11.2001. – Минск : БелГИМ: Госстандарт, 2001. – 29 с.
- 3 Каталог оборудования для поверки: ТТ НПП «Олтест [Электронный ресурс]». – Режим доступа: [www.oltest.com.ua](http://www.oltest.com.ua). – 2017. – 54 с.

УДК 94(476)(075.3=161.1)

*Т. И. Мушинская*

### КОМАНДНАЯ ИГРА КАК СРЕДСТВО ВОСПИТАНИЯ ПАТРИОТИЗМА УЧАЩИХСЯ И СПЛОЧЕНИЯ КОЛЛЕКТИВА

*В статье описан сценарий командной игры «Белая Русь», направленной на воспитание гражданственности и патриотизма учащихся и организованной в форме десяти конкурсов, реализуемых в интерактивной форме. Разработка может быть полезна при организации воспитательной работы в учреждениях общего среднего образования и в летних оздоровительных лагерях.*

При обновлении содержания воспитательной работы в современных белорусских школах одним из важнейших приоритетов является развитие программ, направленных на воспитание гражданско-патриотических качеств у учащихся. В ГУО «Средняя школа № 69 г. Гомеля, в которой автор работает педагогом-организатором, для формирования