

О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

М. Л. Сапунков, А. А. Худяков

Пермский государственный технический университет

Проведен анализ возможностей специализированного лабораторного комплекса для исследовательского практикума по режимам работы систем электроснабжения.

Предложены решения по развитию технического и программного обеспечения для более содержательного проведения лабораторных работ.

Специализированный комплекс ЭД8-К, разработанный ООО «Учебная техника» (г. Челябинск), предназначен для лабораторного практикума по ряду электротехнических дисциплин.

Аппаратная часть комплекса выполнена по блочно-модульному принципу. Она содержит спроектированные с учебными целями натуральные аналоги различных элементов электрических систем, управление которыми осуществляется как в ручном, так и в дистанционном режиме при помощи персонального компьютера со встроенной DAQ-платой PCI-6024E фирмы National Instruments и соответствующего программного обеспечения [1].

Разработчиками стенда предусмотрен комплект типовых методических материалов для проведения семнадцати разных базовых экспериментов, в том числе по курсу «Основы электроснабжения».

Применительно к данной дисциплине наибольший интерес представляют, например, следующие работы:

- регистрация и отображение токов трехфазного короткого замыкания;
- максимально-токовая защита (МТЗ) асинхронного двигателя;
- трехфазное автоматическое повторное включение (АПВ) линии электропередачи с односторонним питанием;
- автоматический ввод резерва (АВР) и другие.

В результате анализа сути базовых экспериментов выявлено, что их содержание ориентировано на моделирование лишь отдельных режимов работы электрических систем и носит, в основном, демонстрационный характер.

Для обеспечения возможности выполнения на стенде лабораторных исследований на более высоком уровне необходимо провести совершенствование имеющегося технического, а также программного обеспечения по ряду базовых экспериментов.

Например, в работе, целью которой является отображение характера переходного процесса при трехфазном коротком замыкании (КЗ) в сложной электрической сети, содержащей два источника питания – неограниченной мощности (трехфазная сеть) и ограниченной мощности (синхронный генератор малой мощности), целесообразно задачу исследования расширить.

Для этого необходимо, прежде всего, учитывать сложную зависимость характера переходного процесса от ряда факторов. Даже в наиболее простом случае, а именно при КЗ в трехфазной сети с одним источником питания, изменение тока во времени в одной фазе описывается следующим выражением [2]:

$$i_K(t) = I_{i_m} \text{Sin}(\omega t + \psi - \varphi_K) + I_{A0} e^{-\frac{t}{T_a}}, \quad (1)$$

где I_{i_m} – амплитуда принужденной составляющей тока;

ψ – начальная фаза тока;

φ_K – фазовый угол в цепи КЗ;

I_{A0} – начальное значение аperiodической составляющей тока;

T_a – постоянная времени.

Из (1) следует, что изучение характера переходного процесса в рассматриваемом случае можно проводить с учетом соотношения параметров электрической сети (влияет на фазовый угол и постоянную времени) и начальной фазы тока, т. е. момента возникновения КЗ.

В сложной электрической сети характер изменения тока при КЗ будет зависеть и от других факторов, в том числе и от мощности источников питания.

В базовом эксперименте по этой работе предусмотрена следующая принципиальная схема проведения исследования (рис. 1).

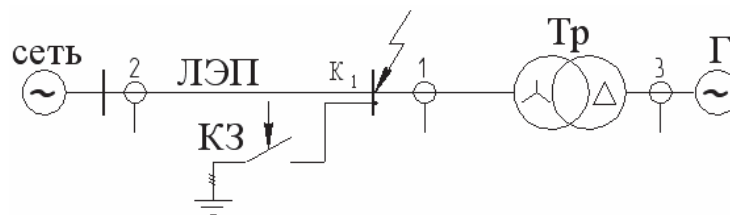


Рис. 1. Принципиальная схема моделируемой системы электроснабжения

В этой схеме короткое замыкание производится в точке K_1 , т. е. в конце ЛЭП и на вторичной обмотке согласующего трансформатора T_p , включенного между ЛЭП и генератором малой мощности Γ . Ток КЗ контролируется только в точке 1. Для создания режима трехфазного КЗ используется обычный трехполюсный магнитный пускатель, управляемый через персональный компьютер.

Для расширения задачи эксперимента и проведения более содержательного исследования характера переходного процесса при КЗ в этой схеме необходимо применить вместо обычного магнитного пускателя быстродействующий управ-

ляемый короткозамыкатель. Он должен иметь стабильные параметры срабатывания и высокое быстродействие, позволяющее управлять моментом возникновения КЗ на интервале одного полупериода напряжения сети, т. е. $0 \neq 0,01$ с.

Были рассмотрены несколько вариантов схемной реализации быстродействующего управляемого трехфазного короткозамыкателя: на тиристорах; на силовых транзисторах; в виде трехфазного диодного моста с одним управляемым ключом в цепи постоянного тока; в виде трехполюсного герконового реле. Для всех этих вариантов требуется учитывать характерные особенности работы схемы. Например, для варианта исполнения короткозамыкателя на герконах необходимо обеспечить одновременность замыкания контактов, а также учитывать запаздывание от момента подачи сигнала управления до фактического срабатывания короткозамыкателя.

Однако, для всех вариантов основной задачей является формирование с помощью программных средств на компьютере сигнала управления, который должен быть синхронизирован с напряжением сети в моделируемой схеме электроснабжения. Причем этот сигнал желательно формировать как управляемый во времени на интервале полупериода напряжения.

Это позволит проводить изучение характера кривой тока КЗ в зависимости от начальной фазы тока для различных моментов времени возникновения КЗ.

Кроме этого, в схеме на рис. 1 целесообразно предусмотреть и другие точки регистрации тока КЗ, например, точки 2 и 3. Это позволит изучить характер кривой тока КЗ в сети с источником неограниченной мощности, а также у источника ограниченной мощности. Причем, осциллографирование кривых тока КЗ в точках $1 \div 3$ имеет смысл осуществлять как отдельно, так и одновременно.

Для осуществления возможности расширения и углубления содержания лабораторной работы помимо замены короткозамыкателя, потребуется существенное изменение программного обеспечения (ПО) эксперимента.

Для разработки усовершенствованного варианта ПО была выбрана система программирования *LabVIEW* фирмы *National Instruments* [3, 4].

Пользовательский интерфейс пакета представляет собой наборное поле, где предполагается расположить исследуемую в работе схему системы электроснабжения, а также многоканальный осциллограф для отображения исследуемых кривых и средства управления короткозамыкателем, которые в дальнейшем, с помощью инструмента соединения, коммутируются с исследуемой схемой.

Важной особенностью ПО является гибкость пользовательского интерфейса – типы и количество используемых в работе виртуальных электроизмерительных приборов, их размещение на лицевой панели пользовательского интерфейса и подключение к исследуемой схеме не являются фиксированными. Комбинации их использования зависят от содержания конкретной лабораторной работы.

Имеющееся ПО для данной работы ограничивается лишь отображением на экране монитора ПК осциллограммы изменения тока одной фазы синхронного генератора.

В новом варианте ПО необходимо предусмотреть:

ввод значения времени, которое фактически является моментом возникновения КЗ в схеме. При этом данное значение должно лежать в пределах полупериода напряжения сети;

возможность управления короткозамыкателем во времени;

отображение на экране осциллограмм тока генератора, сети и тока линии в месте возникновения КЗ. Целесообразно осуществить вывод перечисленных осциллограмм в отдельных осях совместно с осциллограммой напряжения линии;

наличие программного таймера на время, например, равное 5 с, включение которого происходит непосредственно в момент моделирования КЗ. После окончания работы таймера происходит отключение управляемого короткозамыкателя. Данная возможность необходима для автоматического устранения аварийного режима в моделируемой линии;

отображение в главном окне программы однолинейной принципиальной схемы электроснабжения, которая моделируется в лабораторной работе, с цветовой сигнализацией находящихся в работе элементов.

Для других работ также требуется провести совершенствование как технического, так и программного обеспечения.

Так, например, в работе «Трехфазное автоматическое повторное включение (АПВ) линии» целесообразно доработать возможность ускорения действия защиты до и после АПВ.

Работа «Автоматический ввод резерва (АВР)» нуждается в доработке соответствующего ПО на наличие двустороннего АВР.

Эксперимент «Максимально-токовая защита (МТЗ) асинхронного двигателя» желательно дополнить исследованием режима перегрузки.

Литература

1. Комплект руководств по эксплуатации составных частей учебного лабораторного комплекса ЭД8-К «Модель электрической системы». – Челябинск: ЮУрГУ, 2003. – 64 с.
2. Беляева Е. Н. Как рассчитать ток короткого замыкания. М.– Л.: «Энергия», 1984. – 120 с.
3. Жарков Ф. П., Каратаев В. В. и др. Использование виртуальных инструментов LabVIEW. – М.: Салон–Р, Радио и связь, Горячая линия – телеком, 1999. – 268 с.
4. Руководство для быстрого начала работы в LabVIEW, перевод с английского Галишников К.Ю., 2001