

3. Хузяшев Р.Г., Кузьмин И.Л., Новиков С.И. Программно-аппаратный комплекс волнового метода определения места повреждения в сетях 6–10 кВ // Релейная защита и автоматика энергосистем 2017: матер. Междунар. конф. и выставки. СПб., 2017. С. 1179–1185.

УДК 004.9

## СОЗДАНИЕ УЧЕБНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ БАКОВОГО МАСЛЯНОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ ТИПА У-110-2000-50 У1 В AUTODESK INVENTOR

М.О. Уткин<sup>1</sup>, Е.Р. Пономарев<sup>2</sup>, А.М. Хуснутдинова<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань  
<sup>1,2,3</sup>SirazutdinovFR@yandex.ru  
Науч. рук. Ф.Р. Сиразутдинов

**Аннотация.** В данной работе рассматривается строение масляного выключателя типа У-110-2000-50 У1, а также создание его учебной электронной и твердотельной модели для применения в образовательном процессе студентов Казанского государственного энергетического университета.

**Ключевые слова:** ЭМИ, Autodesk Inventor, У-110-2000-50 У1, РЗА, концепция Industry 4.0, Repetier-host, технологический график капитального ремонта выключателя.

Концепция Industry 4.0 и цифровая экономика будущего уверенно входят в нашу жизнь, коренным образом изменяя технологии современных производств. Инженеры уже используют цифровые модели реальных объектов, включающие в себя цифровые модели (двойников) изделий, производственных технологий, процессов эксплуатации (в том числе поведение изделия в процессе эксплуатации) и т.д. В ближайшее время станут невостребованными специалисты многих традиционных профессий, появятся качественно новые, на порядок возрастёт производительность труда, что в итоге приведет к значительному сокращению рабочих мест и т.д. [1]. Поэтому необходимо освоение новых инновационных технологий, в том числе, и инженерного цифрового моделирования, способствующего ускоренному и рациональному созданию прототипов изделий, подготовку их производственной документации и дальнейшую доработку в процессе производства. Также необходимо внедрение электронных моделей изделий (ЭМИ) и в электроэнергетике.

Примером такого внедрения может служить электронная модель масляного бакового выключателя типа У-110-2000-50 У1, предназначенного для коммутации электрических цепей при нормальных и аварийных режимах (рис. 1). Данный выключатель устанавливается

в открытых распределительных устройствах станций и подстанций энергетических систем на номинальное напряжение 110 кВ переменного тока частотой 50 Гц.



Рис. 1. Строение масляного бакового выключателя типа У-110-2000-50 У1

Принцип работы выключателя основан на гашении дуг, возникающих между контактами при коммутации токов в трансформаторном масле, которое выполняет функции изолирующей и гасящей сред. При отключении выключатель работает по двухступенчатому циклу: при расхождении контактов в четырех разрывах камер каждого полюса гасятся дуги, и прерывается цепь основного тока, продукты разложения масла от действия дуг выдуваются через поперечные щели этих камер; при расхождении контактов траверс и контактов камер прерывается ток, протекающий через шунты.

Выключатель представляет собой быстродействующий коммутационный аппарат, состоящий из трех полюсов, заполненных трансформаторным маслом, и управляемый подвесным пневматическим приводом либо подвесным электромагнитным приводом.

Организация капитального ремонта производится специально подготовленной специализированной бригадой, состав которой определяется конкретным объемом работ и плановыми сроками простоя выключателя в ремонте. В состав ее также входят специалисты РЗА и электромонтёры по ремонту и обслуживанию электрооборудования. Для обеспечения оптимальной загрузки ремонтного персонала руководство предусматривает проведение ремонта с типовой номенклатурой работ по технологическому графику (рис. 2). Технические параметры отремонтированного выключателя должны строго соответствовать техническим данным, приведенным в заводских инструкциях [2].

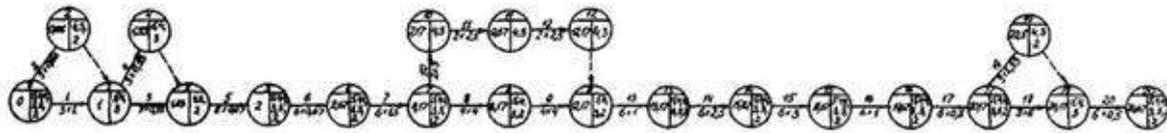


Рис. 2. Технологический график капитального ремонта выключателя У-110-2000-40У1

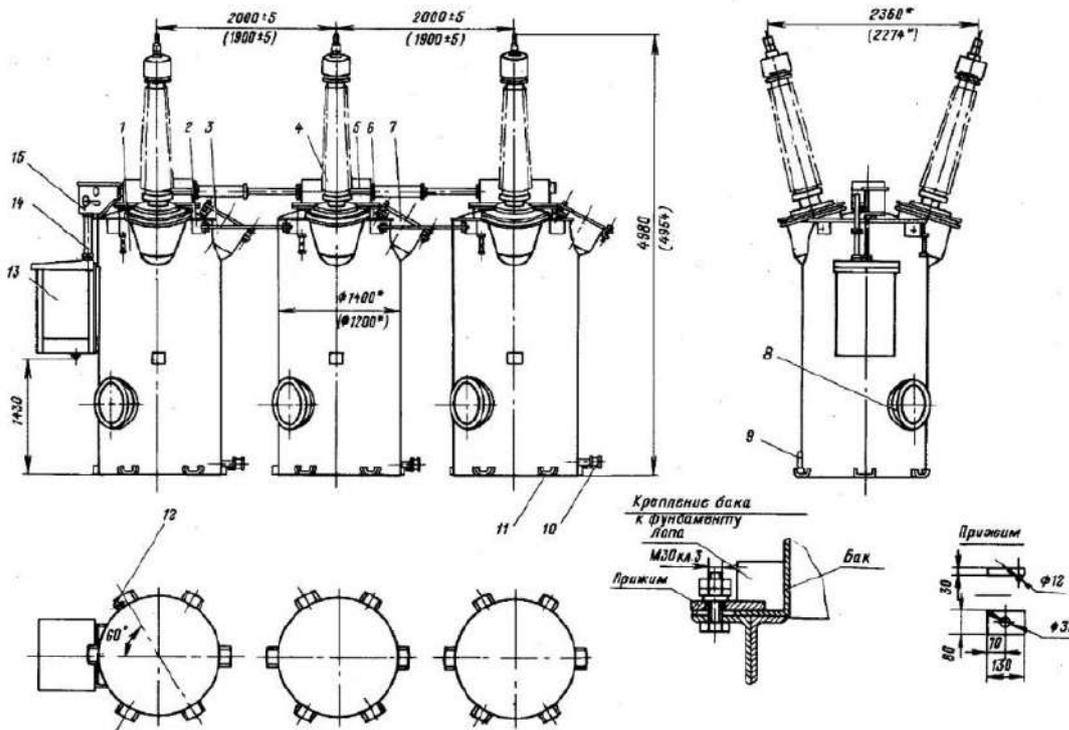


Рис. 3. Общий вид, габаритные, установочные и присоединительные размеры выключателя [3]

Пояснение к технологическому графику капитального ремонта выключателя У-110-2000-40У1:

- 1 – расшировка выключателя;
- 2 – подготовка маслопровода;
- 3 – отбор проб масла из баков;
- 4 – отбор проб масла из вводов;
- 5 – наружный осмотр и слив масла;
- 6 – вскрытие лазов и внутренний осмотр выключателя;
- 7 – снятие шунтов и дугогасительных устройств;
- 8 – разборка и ремонт дугогасительных устройств;
- 9 – сборка и регулирование дугогасительных устройств;
- 10 – ремонт внутрибаковой изоляции, штанг, траверс, маслоуказателей, масляных буферов, газоотводов и предохранительных клапанов;

- 11 – дефектация и ремонт механизмов привода и выключателя;
- 12 – ремонт устройств подогрева и арматуры для слива масла;
- 13 – ремонт вводов;
- 14 – установка и центровка дугогасительных устройств;
- 15 – регулирование выключателя и привода;
- 16 – установка шунтов и закрытие лазов;
- 17 – снятие скоростных и временных характеристик;
- 18 – чистка и окраска выключателя и привода;
- 19 – заливка маслом. Уборка ремонтной площадки;
- 20 – ошиновка выключателя.

Общий вид, габаритные, установочные и присоединительные размеры выключателя представлены рис. 3 [3].

По имеющимся данным, указанным на рис. 1 и рис. 3, а также согласно заводским паспортам МКП-110-1000/630-20У1 и 110М-1000/630-20У1, 110-МП, учитывая параметры ГОСТ 9920-75, создадим ЭМ масляного бакового выключателя типа У-110-2000-50 У1 для дальнейшей 3D печати. Данная модель поможет студентам Казанского государственного энергетического университета узнать о строении и принципе работы масляного выключателя У-110-2000-40У1.

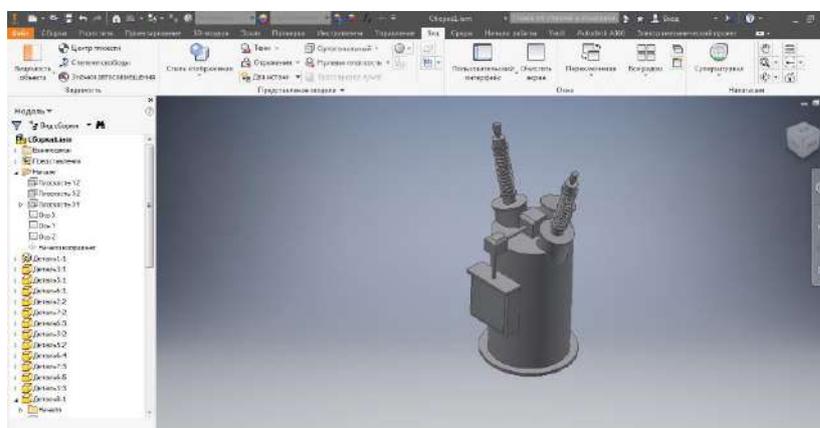


Рис. 4. ЭМИ У-110-2000-50 У1

Для начала выберем масштаб учебной модели, в данном случае это 1/150. Затем с помощью среды Autodesk Inventor построим ЭМИ Бака, траверсы, масляных вводов и приводного механизма (рис. 4).

Далее проведем конвертирование нашей сборки в формат для печати «.STL» и выполним расчет слоев и параметров печати в программе Repetier-host [5] (рис. 5).

Далее выполним печать и склейку элементов и на выходе получим готовую учебную твердотельную модель рис. 6.

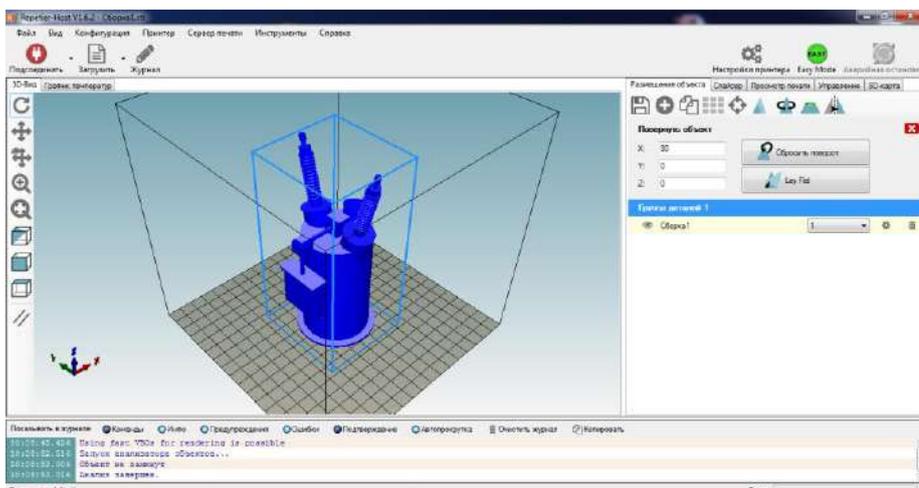


Рис. 5. Конвертированный файл в системе Repetier-host



Рис. 6. Учебные твердотельные модели (с лева на право) Выключатель У-110, опоры ЛЭП, Теплообменник «труба в трубе» и КВГ-М

### Источники

1. Рукавишников В.А., Тазеев И.Р., Уткин М.О. Цифровое образование // КОГРАФ – 2018: сб. матер. 28-й Всерос. науч.-практ. конф. по графическим информационным технологиям и системам. Н. Новгород, 2018. С. 313–316.

2. РД 34.47.601 (СО 153-34.47.601). Руководство по капитальному ремонту высоковольтного трехполюсного выключателя У-110-2000-40 У1 (У-110-8) [Электронный ресурс]: утв. зам. нач. Главтехуправления 18 декабря 1979 г. URL: <http://ismeta.online/db/n/318137/12640/> (дата обращения: 26.01.2019).

3. Выключатель высокого напряжения типа У-110-2000-50У1 [Электронный ресурс] // Машинформ: технические характеристики промышленного оборудования. URL: <http://electro.mashinform.ru/>

vyklyuchateli-maslyanye/vyklyuchatel-vysokogo-napryazheniya-tipa-u-110-2000-50u1-obj5.html (дата обращения: 26.01.2019).

4. URL: <https://stroystandart.info/index.php?name=files&op=view&id=4478> (дата обращения: 26.01.2019).

5. URL: <https://www.repetier.com> (дата обращения: 26.01.2019).

УДК 621.316.1.05

## АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

А.Д. Фамин<sup>1</sup>, А.С. Иванова<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань  
<sup>1,2</sup>nasyaiv0296@gmail.com

Науч. рук. канд. техн. наук Э.Ф. Хакимянов

**Аннотация.** Распределительная электрическая сеть среднего напряжения является основным звеном, определяющим показатели качества и надежности электроснабжения потребителей.

Естественным ограничением уровня автоматизации сетей среднего напряжения долгое время являлась стоимость предлагаемых решений по автоматизации. Однако стоимость системы не является величиной, пропорциональной функциональности этой системы автоматизации. Современный подход к автоматизации предполагает создание интегрированной системы автоматизации.

Для реализации всех функций используется многофункциональный контроллер, который осуществляет функции сбора информации от модулей, расположенных в ячейках комплектно-распределительных устройств, обеспечивает информационное взаимодействие с устройствами релейной защиты и устройствами мониторинга.

**Ключевые слова:** релейная защита и автоматика, автоматизация, телеизмерения, телемеханика, комплектные распределительные устройства, многофункциональный контроллер.

Распределительная электрическая сеть среднего напряжения является основным звеном, определяющим показатели качества и надежность электроснабжения потребителей.

Естественным ограничением уровня автоматизации сетей среднего напряжения долгое время являлась стоимость предлагаемых решений по автоматизации. Для реализации автоматизации распределительных систем используется многофункциональный контроллер, выключатель нагрузки с моторным приводом, измерительные преобразователи тока и напряжения.

Поддержка широкого набора протоколов обмена информацией контроллера в сочетании с разнообразными вариантами модулей контроллера позволяет создавать экономичные системы автоматизации на основе уже существующих на объектах устройствах РЗА и телемеханики.