ВЫБОР ЗАЩИТЫ СИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТЕЙ

М. Ю. Травеников, магистрант 2 курса,
e-mail: travenikovmaxim@gmail.com
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

В работе рассмотрены основные требования к защитами силового оборудования электростанций исходя из их мощности. Выполнен анализ нормативной документации, на основании которой составлен перечень обязательных защит для электростанций мощностью до 5 МВт. Также произведен обзор современных устройств релейной защиты, удовлетворяющих требованиям нормативных документов. Сравнительный анализ устройств позволил выбрать наиболее подходящий комплект защит блока генератор-трансформатор на основании сравнения по выбранным критериям.

Ключевые слова: защита, блок генератор-трансформатор, ПУЭ, микропроцессорная защита, ANSI.

ВВЕДЕНИЕ

Защита силового оборудования предназначена для отключения аварийного элемента с целью предотвращения развития аварии и уменьшения размеров разрушений. Для этого необходимо как можно быстрее выявить и отключить поврежденный элемент, участок системы электроснабжения. Требования к составу защит для блоков генератор-трансформатор содержится как в российских нормативных документах [1], так и в международных [2]. Различия между национальным и международным нормативами показаны в табл. 1, где приведены необходимые защиты для синхронных генераторов напряжением выше 1 кВ и мощностью более 1 МВт.

Таблица 1 – Перечень обязательных защит генераторов

Нормативный документ	ПУЭ	ANSI
Наименование защиты генератора	1) от многофазных замыканий в обмотке статора генератора и на его выводах; 2) от однофазных замыканий на землю в обмотке статора; 3) от двойных замыканий на землю; 4) от замыканий между витками одной фазы в обмотке статора; 5) от внешних КЗ; 6) от симметричной перегрузки обмотки статора; 7) от замыкания на землю во второй точке цепи возбуждения; 8) от асинхронного режима с потерей возбуждения	1) продольная дифференциальная защита генератора; 2) максимальная токовая защита

Для защиты трансформаторов от ненормальных режимов также существует перечень обязательных защит. На основе указанных выше нормативных документов была составлена табл. 2 с перечнем защит для трансформаторов мощностью от 2МВА до 5МВА.

Таблица 2 – Перечень обязательных защит трансформаторов

Нормативный документ	ПУЭ	ANSI
Наименование защиты трансформатора	3) от многофазных замыканий в обмотках и на выводах; 4) от однофазных замыканий на землю в обмотке и на выводах, присоединенных к сети с глухозаземленной нейтралью; 5) от витковых замыканий в обмотках; 6) от токов в обмотках, обусловленных внешними КЗ; 7) от токов в обмотках, обусловленных перегрузкой; 8) от понижения уровня масла; 9) от однофазных замыканий на землю в сетях 3–15 кВ с изолированной нейтралью	1) газовая защита (реле Бухгольца); 2) максимальная токовая защита; 3) дифференциальная токовая защита

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являются комплектные устройства защиты от внешних и внутренних повреждений блоков генератор-трансформатор.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью работы является выявление наиболее предпочтительного оборудования для реализации основных защит блока генератор-трансформатор на БиоЭС, проект которой был рассмотрен в [3, 4].

В настоящее время вся релейная защита силового оборудования построена на базе микропроцессоров и ЭВМ. Необходимо выбрать такую систему, которая будет обеспечивать необходимую защиту электростанции. Для этого необходимо рассмотреть несколько основных производителей, предоставляющих комплексные решения для защиты генераторов и трансформаторов.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При выполнении исследования использованы такие общенаучные методы как анализ сравнение, описание. При этом сопоставление видов защит проводилось по ряду критериев. Однако в отличие от, например [5], в проводимом исследовании сравнение осуществлялось по отдельным свойствам защитных устройств без формирования обобщенного критерия.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рис. 1 приведена схема защиты блока генератор-трансформатор малой мощности ШЭ1111. Комплекс защит выполняется в виде двух взаиморезервируемых автономных систем защит (первый и второй комплекты защит), расположенных в одном

шкафу. Комплект защит шкафа выполнен на базе терминала микропроцессорного серии ЭКРА 200.

TA1 – TA22 – трансформаторы тока, TV1 – TV5 – трансформаторы напряжения; Q1 – Q3 – выключатели; VS – тиристор; G – генератор

Рисунок 1 – Схема подключения защит шкафа ШЭ1111 для защиты блока генератор-трансформатор [6]

Устройство REG630 (рис. 2) обеспечивает релейную защиту генераторов и блоков генератор-трансформатор на малых и средних электростанциях как, например, дизельные и газовые электростанции, а также в системах распределения электроэнергии.

Рассматриваемое устройство содержит заданные конфигурации различных видов защит, которые приводятся в соответствие с самыми конкретными требованиями к оборудованию. Предлагаемые терминалы предназначены в том числе и для защиты блока генератор-трансформатор.

REK510 – устройство ввода тока; G – генератор; 3U – трехфазное измерение напряжения; 3I – трехфазное измерение тока; I_0 – ток нулевой последовательности; U_0 – напряжение нулевой последовательности; EXC.AVR – автоматический регулятор возбуждения

Рисунок 2 – Структура защиты блока генератор-трансформатор устройством REG630 [7]

Seram серии 80 – это цифровое реле защиты, отвечающее требованиям стандарта МЭК 61508 по надежности и отказоустойчивости. Для защиты спроектированного оборудования примем к рассмотрению защиту, содержащую блоки защиты трансформатора Seram T87 и генератора Seram G82.

Рисунок 3 – Дифференциальная защита трансформатора (а – с защитой от замыкания на землю первичной обмотки 50G; б – с защитой от замыкания на землю первичной 50G и вторичной 64REF, 50G обмоток) [8]

Рисунок 4 – Защита от замыкания на землю генератора (а – 50G/51G; б – 64REF, 50G/51G, 50N/51N) [8]

Рисунок 5 – Пример защиты блока генератор-трансформатор от замыкания на землю (а – 50G/51G; б – защита вторичной обмотки трансформатора 50G/51G и 59N) [8]

Рисунок 6 – Пример дифференциальной защиты блока генератор-трансформатор (защита первичной обмотки от замыкания на землю 50G/51G) [8]

Сравнение описанных выше технических решений по реализации основных защит представлено в табл. 3.

Таблица 3 – Сравнение фирм-производителей защиты силового оборудования

Критерий сравнения	ЭКРА200	REG630	Sepam 80
Доступность информации	+	–	+
Качество информации	+	+	–
Объем предоставляемой информации	+	+	+
Разнообразие модификаций	+	–	+
Размеры, мм	483x266x250	258x224x266	264x185x241

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показало сопоставление основных защит, наиболее предпочтительным решением для разрабатываемого проекта представляется система ЭКРА200, которая имеет меньше проигрышных критериев, чем конкуренты. Единственный минус – это размеры. Но стоит отметить, что только компания «ЭКРА» предоставляет информации о шкафах, в которых в дальнейшем происходит монтаж и эксплуатация оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – Москва: Изд-во НЦ ЭНАС, 1999–2005.
2. ABB Network Partner AG. Защита генераторов и трансформаторов. – 1MRB520046 LEN, 1998. – С. 84 – 87
3. Травеников, М. Ю. Анализ функционирования ненаправленной защиты от однофазных замыканий на землю в распределительных сетях Калининградской области / М. Ю. Травеников, И. Е. Кажекин // Вестник молодежной науки. – 2020. – № 5 (27). – С. 9.
4. Травеников, М. Ю. Оценка энергетического потенциала биомассы животного происхождения в калининградской области / М. Ю. Травеников, М. С. Харитонов // Вестник молодежной науки. – 2019. – № 1 (18). – С. 10.
5. Благинин Владимир Анатольевич, Кажекин Илья Евгеньевич, Юсып Вячеслав Михайлович, Москалюк Андрей Мирославович, Сиренко Дмитрий Павлович Результаты длительных натурных испытаний устройства защитного заземления нейтрали для судовых электросистем // Вестник МГТУ. 2015. №1. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-dlitelnyh-naturnyh-ispytaniy-ustroystva-zaschitnogo-zazemleniya-neytrali-dlya-sudovyh-elektrosistem> (дата обращения: 22.05.2021).

6. Федотов, В. П. Проектирование микропроцессорных защит генераторов и блоков генератор-трансформатор / В. П. Федотов, Л. А. Федотова // Екатеринбург, 2014. – с. 162–187.

7. Устройство управления и защиты генератора REG630. 1MRS758271 A // Руководство по продукту. – 2015. – с. 10–35

8. Серам серии 80 [Электронный ресурс]// Schneider electric: Релейная защита по сериям, 2021. URL: www.se.com/ru/ru/product-range-presentation/935-sepam-серии-80. (дата обращения: 22.05.2021).

SELECTION OF PROTECTION OF POWER EQUIPMENT FOR SMALL AND MEDIUM-SIZED POWER PLANTS

M. Y. Travnikov, student,
e-mail: travenikovmaxim@gmail.com,
Kaliningrad State Technical University

The paper considers the main requirements for the protection of power equipment of power plants based on their capacity. The analysis of the regulatory documentation, on the basis of which the list of mandatory protections for power plants with a capacity of up to 5 MW was compiled, was carried out. An overview of modern relay protection devices that meet the requirements of regulatory documents is also made. The comparative analysis of the devices allowed us to choose the most suitable set of protection of the generator – transformer unit based on the comparison according to the selected criteria.

Keywords: *protection, generator - transformer block, PUE, microprocessor protection, ANSI.*