

УДК 621.316.925

М.В.Алексеев (асп. каф. ЭСиАЭС), А.В.Богданов (асп. каф. ЭСиАЭС)

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ЗАЩИТА ГЕНЕРАТОРА ОТ ПЕРЕГРУЗОК

Непрерывный процесс обновления электроэнергетических систем, изменения их структуры и параметров, повышение требований потребителей электроэнергии к её качеству приводят к необходимости совершенствовать методы и технические средства релейной защиты. Современный этап развития отечественных устройств релейной защиты характеризуется переходом от автономных аналоговых устройств к микропроцессорным системам, объединяющим в себе функции защиты, автоматики и сбора данных [1, 2].

Большую опасность для генераторов представляют несимметричные режимы. В несимметричном режиме возникает перегрузка генератора токами обратной последовательности, создающими вращающееся магнитное поле, направленное навстречу движению ротора. При этом в бочке ротора возникают токи двойной частоты, вызывающие нагрев зубцов и пазовых клиньев в торцовых зонах ротора, повышенную вибрацию.

Задачей данной работы была разработка микропроцессорной системы защиты генератора мощностью до 50 МВт от симметричных и несимметричных перегрузок (ЗНСП).

Спроектированное устройство является универсальным. Здесь аналоговая часть служит для преобразования токовых сигналов, поступающих от промежуточных трансформаторов, в напряжение, выполняет аналоговую фильтрацию и аналого-цифровое преобразование. Микроконтроллер по выборкам дискретных отсчетов вычисляет интегральные параметры входных сигналов, задает алгоритм защиты, занимается хранением и передачей информации. Таким образом, спроектированное устройство может быть использовано для построения практически любых типов релейных защит. Реализация той или иной защиты на базе разработанного устройства будет отличаться только программным обеспечением.

В результате работы была разработана принципиальная схема устройства защиты, которая при максимально возможной простоте обеспечивает необходимые в релейной защите точность измерения, динамический диапазон и быстродействие. Разработанное устройство было изготовлено и испытано.

В работе был выполнен анализ современной элементной базы и осуществлен выбор:

- входных промежуточных преобразователей ток-напряжение;
- аналого-цифрового преобразователя;
- типа микропроцессора;
- типа интерфейсов для связи устройства защиты с системой АСУТП.

Входные промежуточные преобразователи ток-напряжение предназначены для гальванической развязки ЗНСП и преобразования выходного тока трансформатора тока до уровней, используемых в электронике. В качестве этих преобразователей были выбраны блоки швейцарской фирмы ЛЕМ LTS-25NP, которые используют эффект Холла и обладают отрицательной обратной связью, что значительно снижает их погрешность.

Анализ рынка встраиваемых микроконтроллеров показал, что в качестве микропроцессорного ядра для проектируемого устройства в настоящий момент целесообразно выбрать наиболее перспективный на сегодняшний день AVR-микроконтроллер фирмы Atmel ATmega103. Его достоинствами являются:

- наличие 128 Кбайт встроенной на кристалле электрически стираемой FLASH памяти программ, что значительно упрощает перепрограммирование кристалла;

- наличие 4 Кбайт встроенной EEPROM памяти данных для записи уставок;
- наличие встроенного восьмиканального десятиразрядного АЦП;
- наличие удобных средств подготовки и отладки программного обеспечения;
- исполнение микроконтроллера в TQFP-корпусе, который имеет небольшие размеры.

Аналоговая часть спроектированного устройства содержит источники опорных напряжений, 6 каналов ввода сигналов, поступающих от преобразователей ЛЕМ а также шестиканальный сигма-дельта АЦП фирмы Atmel AT73C501.

Источник двух опорных напряжений служит для задания опорных напряжений АЦП.

Работа содержит расчет названных узлов аналоговой части, оценку их погрешностей и динамического диапазона.

Цифровая часть УИМ включает в себя микроконтроллер Atmega103 и необходимые для его работы элементы. Программирование микроконтроллера и связь с внешним АЦП осуществляется по SPI- интерфейсу.

Предусмотренный интерфейс CAN предназначен для информационного взаимодействия ЗНСП с другими защитами и центральным блоком на базе персонального компьютера. Кроме того на устройстве реализованы интерфейсы EIA RS-485 и EIA RS-232.

Интерфейс RS-232 используется для связи ЗНСП с универсальной панелью оператора (УНИПО). УНИПО содержит жидкокристаллический индикатор (4×20) и 18-ти кнопочную клавиатуру и предназначена для изменения режимов работы устройства защиты и отображения информации о состоянии ЗНСП и защищаемого объекта.

Задание уставок и режимов работы устройства защиты можно осуществлять как дистанционно через CAN интерфейс от центрального компьютера, так и с помощью УНИПО или переносного компьютера по интерфейсу RS-232.

Для управления выключателями защищаемого объекта на разъем ЗНСП выведены цифровые выходные сигналы.

Кроме собственно разработки аппаратной части устройства защиты, была осуществлена разработка программного обеспечения защиты от перегрузок.

Алгоритм защиты от несимметричных коротких замыканий и несимметричных перегрузок включает в себя четыре степени:

1. Первая степень имеет уставку по току обратной последовательности $I_{c.з.}^I = 0,07 \cdot I_{ном..ген.}$ и по времени $t > t_{max}$, отстроенного от короткого замыкания в системе. Данная степень действует только на сигнализацию.
2. Вторая степень имеет: $I_{c.з.}^{II} > I_{c.з.}^I$, время действия высчитывается по тепловому критерию: $A \geq \int I_{2*}^2 dt$, где I_{2*} – ток обратной последовательности в относительных единицах (о.е.).
3. Третья степень согласована по току и времени с защитой трансформатора. $I_{c.з.}^{III} = (0,5 - 0,6) \cdot I_{ном..ген.}$, $t = 2 - 3$ с. Данная степень позволяет отключить генератор при несрабатывании защит смежных элементов, а также резервирует дифференциальную защиту генератора.

Токовая отсечка действует при к.з. на выводах генератора: $I_{c.з.} = \frac{I_{н.з.}}{x_d'' + x_2}$, $t = 0,3 - 0,4$ с.

Вторая, третья и четвертая степени действуют на отключение выключателей.

Расчет экономической эффективности проекта показал целесообразность промышленного производства цифровых защит на базе разработанного устройства.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Аналоговая и цифровая микроэлектроника: Учеб. пособие/А.В. Бульчев, В.К. Ванин, Т.И. Кривченко, А.Л. Соловьев, А.В. Терешкин. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1998. 80 с.
2. Ванин В.К., Павлов Г.М. Релейная защита на элементах вычислительной техники. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1991. – 336 с.