

УДК 001

ОБЕСПЧЕНИЕ ПОЛНОЙ СЕЛЕКТИВНОСТИ РЕЗЕРВНОЙ СТУПЕНИ ДИСТАНЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ЦЗА ФКС – 27,5 С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Соколов А.С., студент гр. СОД 1-21.1, III курс
Научные руководители: Филиппов С.А., к.т.н., доцент,
Соловьёва О.А., старший преподаватель,
Забайкальский институт железнодорожного транспорта
г. Чита

В настоящее время на Забайкальской железной дороге существенно увеличивается грузопоток поездов. Согласно действующим режимным картам сдвоенные поезда до 14200 тонн. В таком режиме работы системы возникают ложные и неселективные срабатывания резервных ступеней дистанционной защиты фидеров контактной сети, так как значение тока нагрузки сопоставимо с током короткого замыкания в сложных режимах. Вследствие чего защита не отличает аварийных режим от нормального.

Отличие нормального режима от аварийного позволит выполнить функцию селективности. На данный момент это не удастся, поскольку токи (и соответственно сопротивления) нормального и аварийного режимов совпадают в части значения. Используемый в настоящее время алгоритм в принципе не может отличить данные режимы. Выбор уставки по току короткого замыкания не обеспечивает возможность ложного срабатывания защиты в нормальных режимах [1,2]. Соответственно нужен параметр, который позволит это сделать.

Действующие дистанционные защиты фидеров контактной сети работают на принципах определения постоянно значения уставки, заложенного в 40-е годы XX века. Используемые сегодня микропроцессорные комплексы ДЗТ ФКС типа ИнТЕР, ЦЗА, БМРЗ позволяют принципиально изменить подход к выбору уставки защиты. Поэтому предлагается усовершенствовать алгоритм работы направленной дистанционной защиты 3 ступени фидеров контактной сети (НДЗ 3 ФКС) путем внедрения параметра измерения скорости изменения напряжения.

Наиболее перспективный и доступный способ для реализации НЗД 3 ФКС является имитационное моделирование в программном комплексе MatLab Simulink. За основу взята наиболее распространенная на Забайкальской железной дороге микропроцессорная релейная защита ЦЗА – 27,5 ФКС.

На рисунке 1 представлена структурная схема третьей ступени, позволяющая отследить преобразования входной первичной информации в СТЭ в виде напряжения на шинах тяговой подстанции и тока фидера, которая проходит семь условных стадий обработки[3].

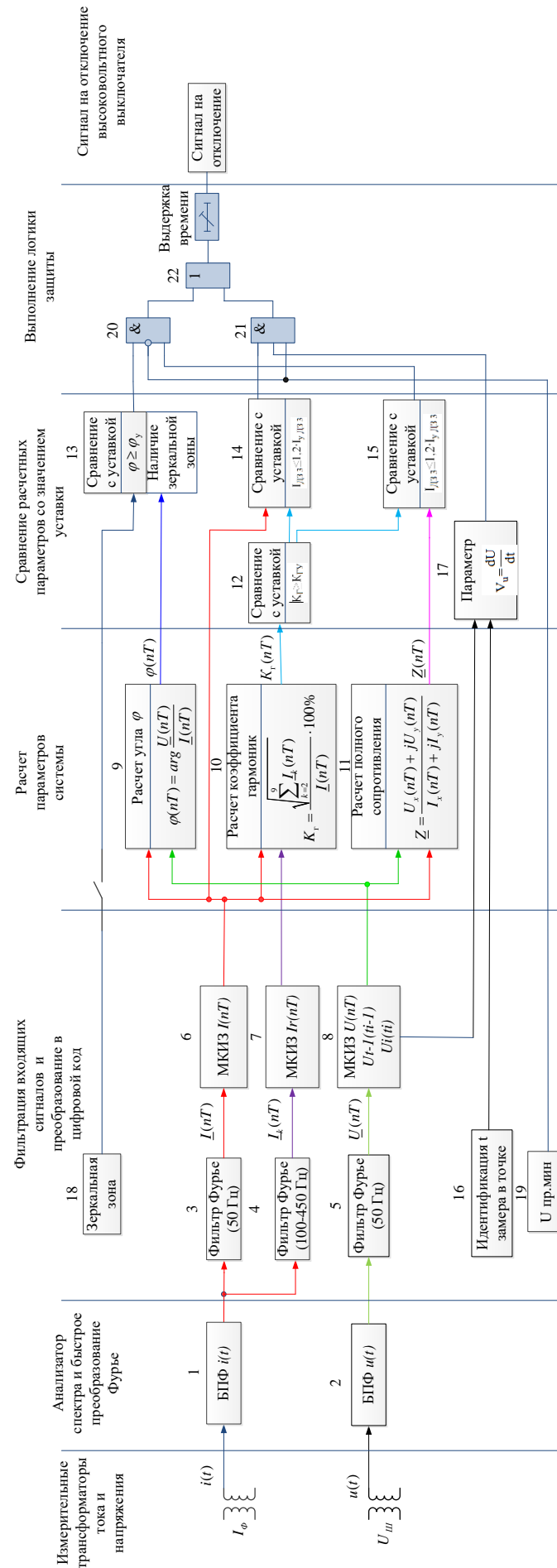


Рисунок 1 - Структурная схема третьей ступени НДЗ ФКС

На вход фильтра подается аналоговый периодический несинусоидальный сигнал тока и напряжения вида:

$$i(t) = \sum_{k=1}^{\infty} I_{km} \cdot \sin(k\omega \cdot t + \varphi_k) + \alpha, \quad (1)$$

$$u(t) = \sum_{k=1}^{\infty} U_{km} \cdot \sin(k\omega \cdot t + \varphi_k). \quad (2)$$

Далее напряжение и ток анализируются в режиме реального времени в устройстве быстрого преобразования Фурье (БПФ). Выходные сигналы дискретизируются и преобразуются из аналогового в цифровой сигнал. После этого применяется быстрое преобразование Фурье, что в свою очередь преобразует сигналы временной области в область частотную и разбивает сигнал на его составные частоты, что позволяет их исследовать отдельно.

Измеряемые величины тока и напряжения обрабатываются через соответствующие полосовые фильтры частотой 50 Гц. Сигнал тока проходит более сложное преобразование полосового фильтра со 2 по 9 гармоники для диагностики режима – нормальный или аварийный.

Далее, для выработки правильного сигнала в цифровом фоне необходимо пройти обработку через модуль аналого-цифрового преобразования и обработки сигналов (МКИЗ). На это этапе происходит определение текущих значений основной и высших гармоник для фидеров контактной сети. Параллельно определяется величина основной гармоники по напряжению. Одновременно получаем величины угла тока относительно напряжения, коэффициента гармоник. Вычисляются сопротивления ФКС.

После преобразования на выходе фильтра, настроенного на частоту основной гармоники, имеем дискретный аналоговый сигнал вида:

$$\mathbf{I}(nT) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N-1} \mathbf{I}(nT) \cdot e^{\frac{-j2\pi}{N}}, \quad (3)$$

$$\mathbf{U}(nT) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N-1} \mathbf{U}(nT) \cdot e^{\frac{-j2\pi}{N}}. \quad (4)$$

Дальнейший расчет параметров системы тягового электроснабжения, а именно комплексного сопротивления тяговой сети и его угла на основании комплексных дискретных значений тока и напряжения, полученных от фильтра основной гармоники будут иметь вид:

$$\varphi(nT) = \arg \frac{\underline{U}(nT)}{\underline{I}(nT)} \quad (5)$$

$$\underline{Z} = \frac{U_x(nT) + jU_y(nT)}{I_x(nT) + jI_y(nT)} \quad (6)$$

Коэффициент гармоник рассчитывается на основании информации, поступающей от токового фильтра основной гармоники и токового фильтра, настроенного на диапазон частот, соответствующих диапазону гармоник со второй по девятую в соответствии с выражением:

$$K_\Gamma = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^9 I_k(nT)}}{\underline{I}(nT)} \cdot 100\% \quad (7)$$

На следующем этапе работы основного контура производится сравнение полученных в результате измерения и расчета значений параметров системы со значениями параметров уставки по K_Γ , φ , $I_{ДЗЗ}$, $Z_{ДЗЗ}$. После сравнения уставки по коэффициенту гармоник (K_Γ), производится сравнение с уставкой по току ($I_{ДЗЗ}$), углу (φ), сопротивлению ($Z_{ДЗЗ}$) на комплексной плоскости. Для отстройки от пусковых токов локомотивов производится уменьшение уставки на 20% по току и сопротивлению.

Сравнение расчетных параметров со значением уставки будут иметь следующий вид;

$$K_\Gamma \geq K_{\Gamma y} \quad (8)$$

$$\varphi \geq \varphi_y \quad (9)$$

$$I_{ДЗЗ} \leq 1,2 \cdot I_{y ДЗЗ} \quad (10)$$

$$Z_{ДЗЗ} \leq 1,2 \cdot Z_{y ДЗЗ} \quad (11)$$

Сравнение всех необходимых параметров осуществляется в однотипных нелинейных релейных цифровых элементах с гистерезисом. На вход элемента подается значение контролируемого параметра. В случае, если входное значение меньше значения уставки, заложенной в элементе, на его выходе формируется «логическая 1», в противоположном случае на выходе формируется «логический 0»[4].

Параллельно с основным контуром работает внедренный параметр изменения скорости изменения напряжения, к которому подведены напряжение и идентификатор времени в момент замера в точке для определения точного времени и расчета угла наклона касательной к синусоиде напряжения.

Главной задачей этого блока является измерение скорости измерения напряжения путем вычисления угла наклона, рассчитанного как \arctg ,

разности напряжения, деленной на разность времени что соответствует производной напряжения по времени.

$$V_u = \frac{du}{dt} \quad (12)$$

Таким образом, алгоритм использует выявление производной напряжения для определения КЗ в КС, что позволяет своевременно реагировать на КЗ и разграничить нормальный и аварийный режим.

Параметр изменения скорости изменения напряжения выполняет функцию детекции короткого замыкания в системе тягового электроснабжения железной дороги, используя анализ напряжения контактной сети и времени по точкам в зависимости от напряжения.

Наличие зеркальной зоны позволяет увеличить зону срабатывания. Контроль срабатывания осуществляется по углу $\varphi \geq \varphi_y$. Если угол между током и напряжением превышает угол уставки, то защита формирует «логическую 1» на срабатывание и переходит на выдержку времени.

Логические элементы 20 – 21 формируют «логическую 1» (22) на выходе в соответствии с условиями 8-11.

Таким образом внедренный параметр измерения скорости изменения напряжения позволит однозначно идентифицировать нормальный и аварийный режимы.

Список литературы

1. Руководящие указания по релейной защите систем тягового электроснабжения ЦЭТ-23 / Департамент электрификации и электроснабжения ОАО РЖД. 2004 -162 с.
2. Защита систем электроснабжения железной дороги от коротких замыканий и перегрузки: сборник СТО РЖД. Ч.1-5 / Открытое акционерное общество "Российские железные дороги". - М.: Техинформ, 2019. - 304 с.
3. Трифонов Р. С. Повышение селективности резервной ступени дистанционной защиты фидеров контактной сети на основе адаптивной идентификации Омск 2016, 187 с.
4. Устройство третьей ступени дистанционной защиты фидеров контактной сети. / Трифонов Р. С., Филиппов С. А., Яковлев Д. А., Соловьёва О. А. // № RU 201026 U1 дата регистрации 05.06.2020 г., опубликовано 24.11.2020 г. Бюл. №33