

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ДИСТАНЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ: АЛГОРИТМ ВЫЯВЛЕНИЯ СХОЖЕГО РЕЖИМА

Бухаров Д. С., Гусев Р. А.

Служба автоматизированных систем диспетчерского управления, Филиал АО «СО ЕЭС» Иркутское РДУ
Иркутск, Российская Федерация
E-mail: bukharovds@gmail.com

Рассматривается алгоритм фиксации схожести поведения текущей нагрузки с нагрузкой в утяжеленном режиме, повлекшем ложное срабатывание дистанционной защиты. Оперативное выявление схожего режима необходимо для предоставления диспетчеру вспомогательной информации и предотвращения ошибочных действий при изменении режима работы энергосистемы.

ВВЕДЕНИЕ

Наличие в диспетчерском центре необходимой телеметрической информации (ТМ) с присоединений, защищаемых дистанционной защитой (ДЗ), позволяет рассчитать координаты точки нагрузки (ТН) в величинах активного R и реактивного X сопротивления и обеспечить диспетчерский персонал средствами мониторинга утяжеления электроэнергетического режима.

Фиксация приближения ТН к области срабатывания (ОС) ДЗ – основа для мониторинга ДЗ. Такой мониторинг предназначен для общего контроля нагрузочной характеристики и своевременного оповещения диспетчерского персонала о потенциальной работе ДЗ.

При изменении режима работы энергосистемы могут быть предприняты действия, которые впоследствии приведут к работе ДЗ. Информация о таких действиях и их последствиях должна храниться и предоставляться диспетчеру в форме справочных данных.

На основе ретроспективных данных (зафиксированных при режиме, который привел к работе ДЗ) и принимаемой ТМ возможно сопоставить текущее поведение ТН с ранее зафиксированными и проинформировать диспетчерский персонал о возможных последствиях при ведении нормального или аварийного режима.

Для решения данной задачи разработан алгоритм, позволяющий проанализировать текущее поведение нагрузки с нагрузкой при известном неблагоприятном режиме. Алгоритм реализован в рамках программного обеспечения (ПО) для мониторинга ДЗ.

I. ПРИНЦИП ФИКСАЦИИ СХОЖЕСТИ

ДЗ срабатывает при попадании ТН в ОС D (рис. 1, ОС в форме окружности). До сближения с D ТН преодолевает некоторый «предавварийный путь» S .

Линия S – ломанная, соединяющая последовательно точки TH_i , $i = 1, n$. Точка $TH_n \in D$ – точка нагрузки, при которой выполнялась работа ДЗ.

Оповещение о сходстве поведения текущей нагрузки $TH(t)$ с нагрузкой в предаварийном режиме выполняется тогда, когда фиксируется траектория изменения нагрузки S_{TH} близкая к предаварийной S .

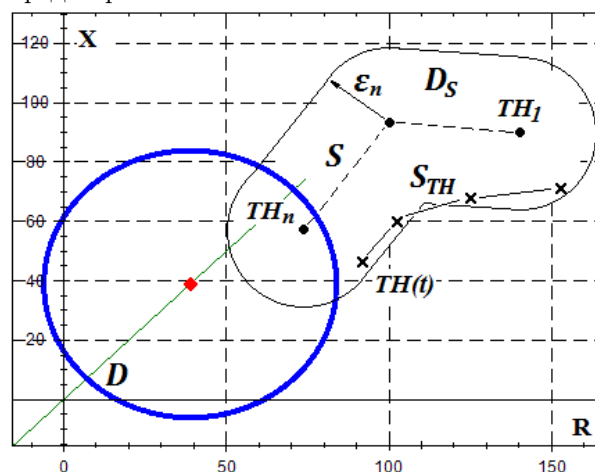


Рис. 1 – Принцип фиксации схожести

Близость S_{TH} к S определяется по вхождению $TH(t)$ в область D_S (рис. 1), охватывающую траекторию S ее эквидистантой [1] на расстоянии радиуса ϵ_n области отстройки от

$$Z_{TH_n} = \sqrt{R_{TH_n}^2 + X_{TH_n}^2},$$

где $\epsilon_n = \mu \cdot Z_{TH_n}$, μ – коэффициент отстройки от нагрузки, $TH_n \in D_S \cap D$.

II. ПОСТРОЕНИЕ ЭКВИДИСТАНТЫ ПРЕДАВАРИЙНОГО ПУТИ

Пример эквидистанты (пунктирная линия) отрезка AB приведен на рис. 2. Отрезок AB опоясывается прямоугольником (зеленый цвет) длиной AB и высотой сторон $2 \cdot \epsilon_n$

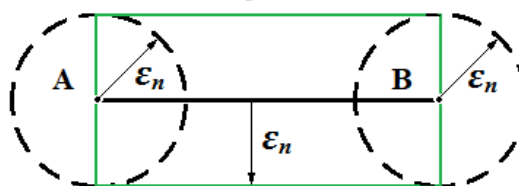


Рис. 2 – Построение эквидистанты

В концах отрезка AB строятся окружности (черная пунктирная линия) радиуса ε_n с центрами в точках A и B .

Предаварийный путь S содержит $n - 1$ отрезков пути, соответственно строится $n - 1$ прямоугольник и n окружностей. Выполняется проверка вхождения $TH(t)$ внутрь каждого прямоугольника и окружности.

Величина n определяется исходя из факта приближения ТН к ОС ДЗ D (рис. 3). Точка TH_1 – первая точка перед входом в желтую область предупредительной сигнализации.

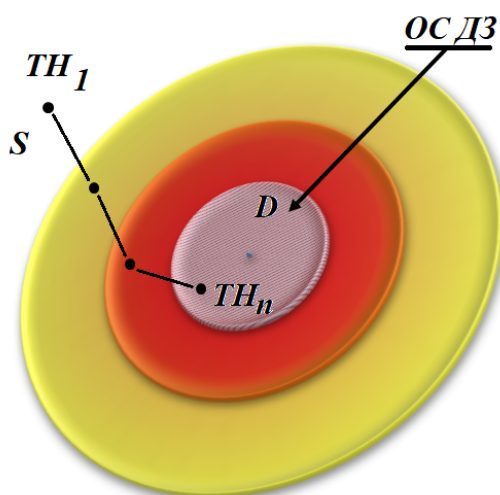


Рис. 3 – Определение предаварийного пути

Проверка вхождения $TH(t)$ внутрь каждого прямоугольника требует применение тригонометрических функций, что с вычислительной точки зрения – трудоемко.

Для снижения нагрузки на центральный процессор используется замена прямоугольников совокупностью окружностей (рис. 4).

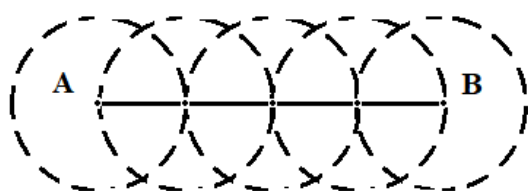


Рис. 4 – Приближенное построение эквидистанты

Отрезок разбивается на равные участки, конец каждого небольшого участка – центр окружности.

III. АЛГОРИТМ

В общем виде алгоритм фиксации схожести S_{TH} и S содержит в себе следующие вычислительные операции:

1. Проверка вхождения точки $TH(t)$ в часть эквидистанты D_S .
2. Фиксация элемента D_S , в который вошла точка $TH(t)$.
3. Определение направления изменения ТН. Это необходимо для исключения дребезга $TH(t)$ возле области D_S и ложного срабатывания сигнализации.
4. Вычисление процентного соотношения количества точек S_{TH} вошедших в область D_S . Если более 40% точек S_{TH} оказались внутри D_S , то срабатывает сигнализация о схожести S_{TH} и S .

Условие активации механизма фиксации схожести – вхождение $TH(t)$ в область D_S и приближение к области D на расстояние желтой области сигнализации приближении ТН к ОС ДЗ (рис. 3).

В оперативной памяти ПО для мониторинга ДЗ хранится последовательность окружностей от TH_1 к TH_n , которая определяет направление изменения предаварийной нагрузки.

Выполнение операции № 4 происходит при вхождении $TH(t)$ в красную область сигнализации о приближении ТН к ОС ДЗ.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Механизм фиксации схожести поведения текущей нагрузки с нагрузкой в утяжеленном режиме, повлекшем ложное срабатывание ДЗ, позволяет заблаговременно:

- Выявить схожесть режимов.
- Привлечь внимание диспетчера и отразить текущее состояние нагрузочной характеристики на комплексной плоскости.
- Предоставить диспетчеру справочную информацию по стабилизации режима.

Дальнейшее направление модернизации разрабатываемого ПО – передача информации в оперативно-информационный комплекс следующей информации:

- Факт вхождение желтую, красную области и ОС ДЗ(рис. 3).
- Период времени для создания импульс-архива данных.
- Поведение ТН и управляющих воздействиях.

Данная информация необходима для выработки указаний для диспетчеров и проведения противоаварийных тренировок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арнольд, В. И. Особенности каустик и волновых фронтов / В. И. Арнольд // М.: ФАЗИС, 1996. – 334 с.