



## PS1 – Poster-16



### Определение направления мощности токовых защит с одной входной величиной

К. И. НИКИТИН

Омский государственный технический университет

Россия

[nki@ngs.ru](mailto:nki@ngs.ru); [nki@omgtu.ru](mailto:nki@omgtu.ru)

#### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Направление мощности, токовая защита, угол между током и напряжением.

#### 1 ВВЕДЕНИЕ

Для селективного действия защит ЛЭП с двухсторонним питанием или кольцевых ЛЭП [1] используют реле KW1 направления мощности (РНМ), которое подключается к измерительным трансформаторам тока ТА1 и напряжения TV1 (рис. 1) токовая (или дистанционная) защита со специальной направленной характеристикой срабатывания. При протекании мощности от шин в линию РНМ разрешает токовым защитам отключать повреждение (K1) выключателем Q1, а при протекании мощности из линии к шинам РНМ запрещает токовым защитам действовать на отключение (K2).

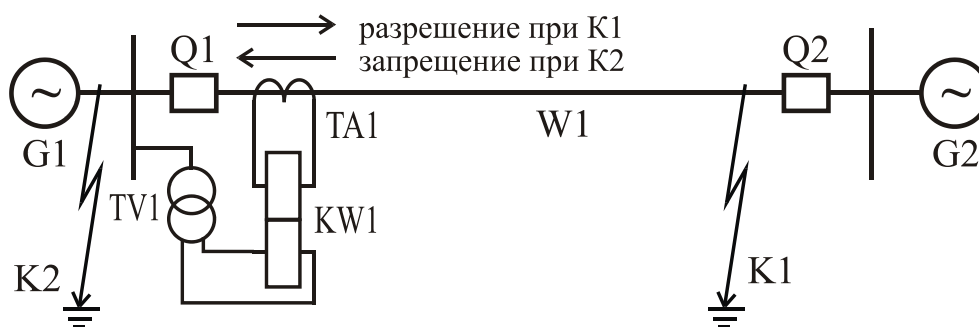


Рис. 1: Подключение реле направления мощности

С одной стороны использование нескольких входных цепей снижает надежность защиты, с другой стороны, когда много устройств подключаются к трансформатору напряжения TV1, то он перегружается, выходит из допустимой точности работы. Все эти факторы подтолкнули к созданию РНМ с одной входной величиной – токовой.

#### 2 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

##### 2.1 Цель

Данная работа посвящена созданию токовой направленной защиты с одной токовой входной величиной. Это позволит несколько упростить схему подключения.

##### 2.2 Теоретические предпосылки

Предлагается алгоритм [2, 3] действия реле направления мощности с одной входной величиной. Принцип действия заключается в том, что сформированный опорный сигнал

определяют путем запоминания продолжительности предыдущего периода тока, а временной эквивалент угла путем вычисления приращения между сформированным опорным сигналом и продолжительностью текущего периода тока.

Сущность алгоритма можно рассмотреть на примере диаграмм основных возможных режимов ЛЭП, при этом, помня, что положительное приращение между продолжительностью предыдущего периода и текущего означает включение индуктивной нагрузки, а отрицательное – емкостной; и условиями для срабатывания защиты являются:  $\Delta t > t_{\Sigma 1}$ ,  $\Delta t < t_{\Sigma 2}$ ,  $I_L > I_{\Sigma 3}$  (где  $t_{\Sigma 1}$  и  $t_{\Sigma 2}$  – первая и вторая эталонные величины углового эквивалента;  $I_L$  – ток линии;  $I_{\Sigma 3}$  – эталонная величина тока):

а) рабочий режим, с малым приращением угла нагрузки (рис. 2). В этом режиме приращение между продолжительностью предыдущего периода и текущего незначительна, то есть приращение временного эквивалента угла меньше первой и второй эталонных величин углового эквивалента, одновременно ток линии не увеличивается и не превышает эталонную величину тока, поэтому защита ЛЭП не срабатывает  $\Delta t < t_{\Sigma 1}$ ,  $\Delta t < t_{\Sigma 2}$ ,  $I_L < I_{\Sigma 3}$ ;

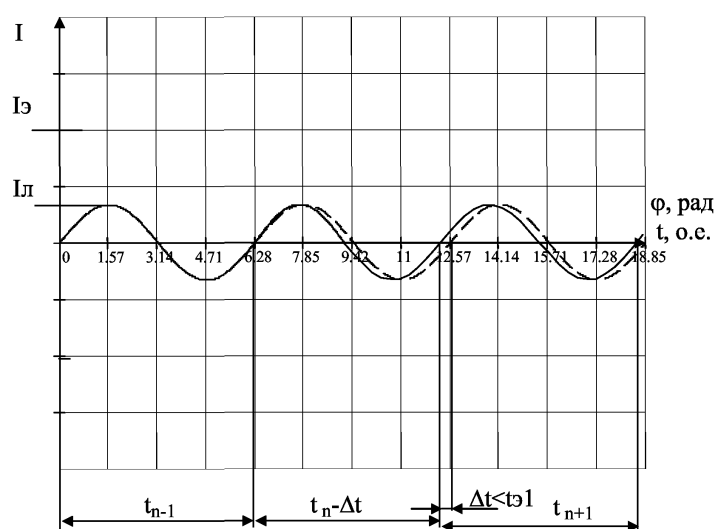


Рис 2: Диаграмма нормального рабочего режима с малым приращением угла нагрузки

б) рабочий режим, с большим приращением угла нагрузки (рис. 3). Такой режим может возникнуть, например, при подключении мощной индуктивной нагрузки, изменение перетоков мощности ЛЭП, и т.д. При этом временной эквивалент угла больше первой и меньше второй эталонных величин угловых эквивалентов, но ток при этом меньше эталонной величины тока – защита ЛЭП не срабатывает:  $\Delta t > t_{\Sigma 1}$ ,  $\Delta t < t_{\Sigma 2}$ ,  $I_L < I_{\Sigma 3}$ ;

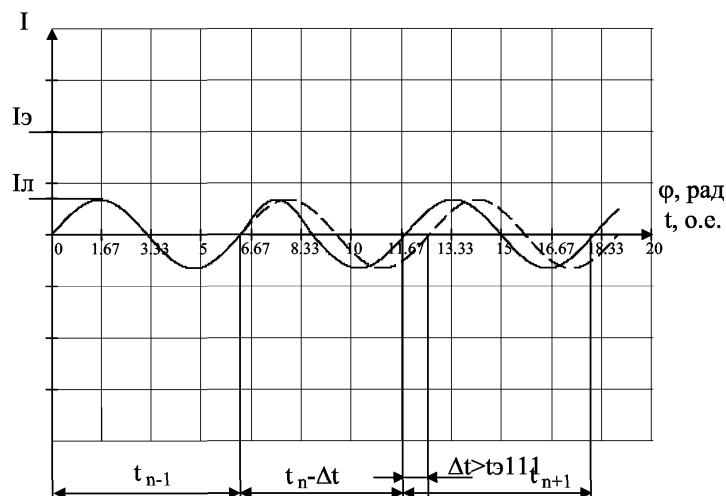


Рис. 3: Диаграмма рабочего режима с большим приращением угла нагрузки

в) режим КЗ в зоне действия защиты, с большим приращением угла (рис. 4). В этом случае временной эквивалент угла больше первой и меньше второй угловых эталонных величин, одновременно ток превышает эталонную величину тока - условие срабатывания выполняется, защита отключает ЛЭП:  $\Delta t > t_{\Sigma 1}$ ,  $\Delta t < t_{\Sigma 2}$ ,  $I > I_{\Sigma 3}$ ;

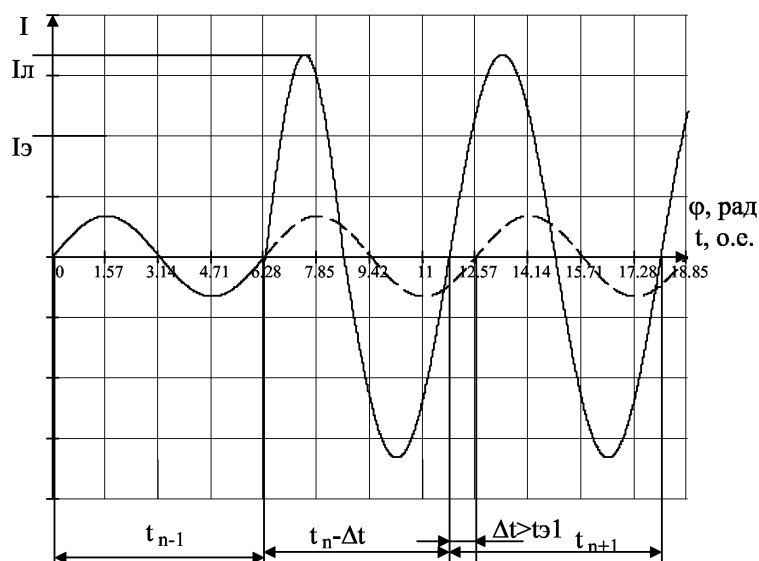


Рис. 4: Диаграмма режим КЗ в зоне действия защиты, с большим приращением угла

г) режим КЗ вне зоны действия защиты, с большим приращением временного эквивалента угла (рис. 5). Это аварийный режим, который может возникнуть, например, при коротком замыкании «за спиной» защиты, на смежной ЛЭП. В этом случае ток превышает эталонную величину тока, а приращение временного эквивалента угла больше угловых эталонных величин (это условие несрабатывания), поэтому защита ЛЭП не работает:  $\Delta t > t_{\Sigma 1}$ ,  $\Delta t > t_{\Sigma 2}$ ,  $I_{л} > I_{\Sigma 3}$

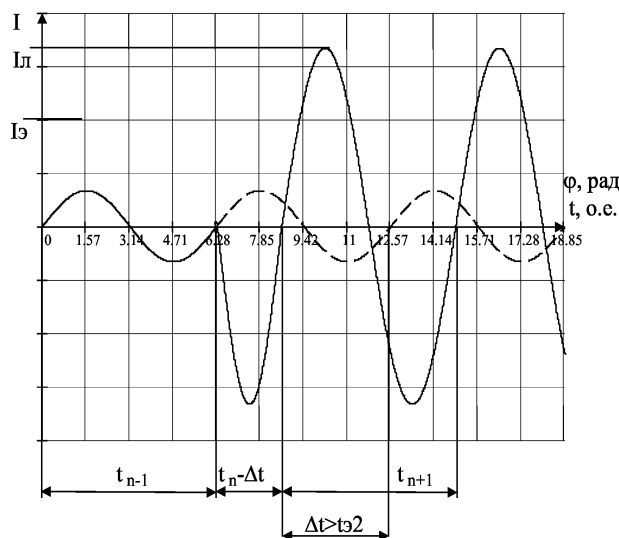


Рис. 5: Диаграмма режим КЗ вне зоны действия защиты, с большим приращением временного эквивалента угла

## 2.3 Реализация алгоритма

На рис.6 представлена структурная схема устройства токовой направленной защиты с одной входной величиной. Где обозначено Q - выключатель защищаемой линии w; ТА – трансформатор тока линии; ПТ – преобразователь тока; УЛЗ – управляемая линия задержки; К – корректор

длительности периода промышленной частоты линии задержки; КП1 и КП2 – компаратор перехода токового сигнала с положительной полуволны в отрицательную (компаратор перехода сигнала тока через нуль); ГИ – генератор импульсов; С1 и С2 – счетчики импульсов; СС1, СС2 – схемы сравнения по фазе; СС3 – схема сравнения по амплитуде, Э1, Э2 и Э3 – первая и вторая эталонные величины углового эквивалента и эталонная величина тока, соответственно; ОВ1 и ОВ2 – одновибраторы (расширители импульсов); ЗВ – элемент задержки времени, И – логическая схема «И».

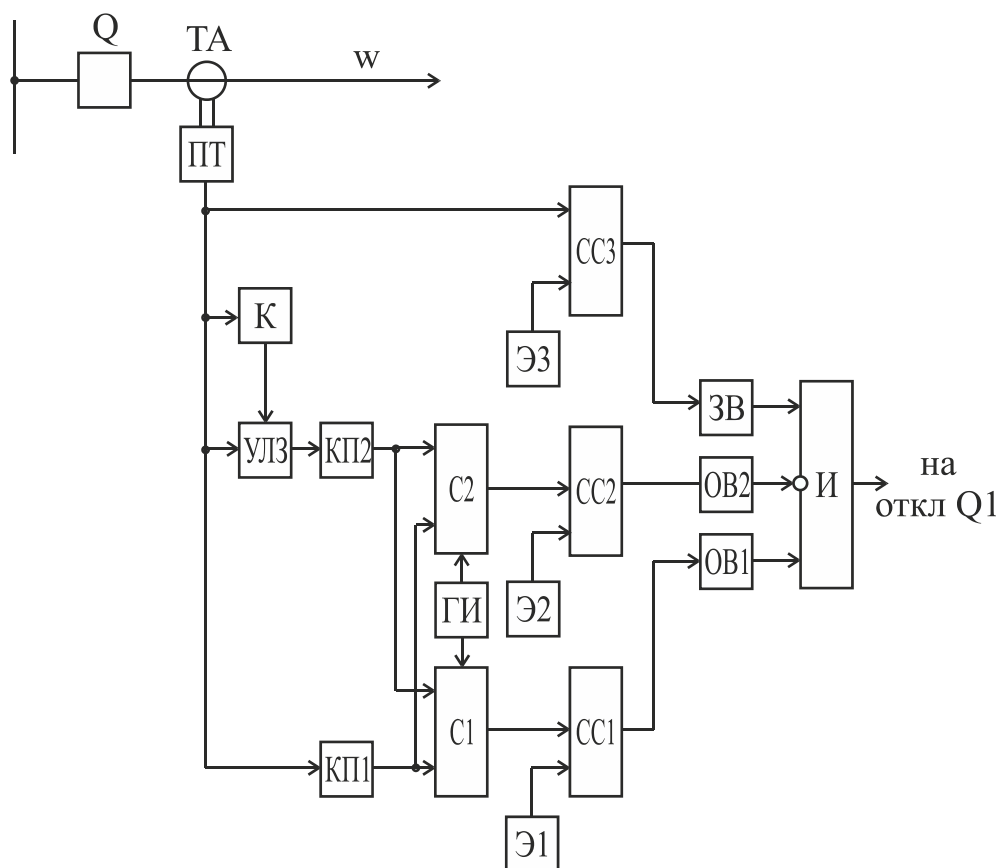


Рис. 6: Структурная схема устройства токовой направленной защиты с одной входной величиной

Устройство работает следующим образом. Для срабатывания защиты необходимо выполнения трех условий: превышения тока, превышения первой величины фазы тока и превышения второй величины фазы тока. Эти три условия должны выполняться на логическом элементе «И».

1) Сигнал тока от линии  $w$  через трансформатор тока ТА и преобразователь тока ПТ поступает в схему сравнения СС3, где величина текущего тока  $I_d$  сравнивается с эталонной величиной (уставкой тока  $I_{э3}$ ) от Э3. При превышении тока линии уставки выполняется первое условие  $I_d > I_{э3}$ , необходимое для срабатывания защиты. Сигнал от СС3 поступает на элемент задержки времени ЗВ, на котором выставляется уставка по времени, связанная с отстройкой от самозапуска  $t_{сзп}$ .

2) Сигнал тока от линии  $w$  через трансформатор тока ТА и преобразователь тока ПТ поступает в компаратор КП1, который вырабатывает импульс при переходе сигнала тока через нуль с положительной полуволны в отрицательную. На аналогичный компаратор КП2 сигнал тока поступает от ПТ через управляемую линию задержки УЛЗ, которая производит задержку сигнала тока на длительность периода ( $t=0,02$  с) промышленной частоты ( $f=50$  Гц). Поскольку рабочая частота в системе (а значит и длительность периода) может незначительно меняться в допустимых пределах 49,8...50,2 Гц, то длительность задержки УЛЗ корректируется специальным корректором К в соответствии с изменяемой частотой. Первый счетчик С1 запускается импульсом от компаратора К2, а останавливается импульсом от компаратора К1.

Если в течении предшествующего периода происходило изменение фазы тока, то за это время счетчик С1 посчитает количество импульсов, подаваемых от генератор импульсов ГИ. Количество посчитанных импульсов будет пропорциональны  $\Delta t$  - первой величине углового эквивалента. Уставка по фазе выставляется на первой эталонной величине  $\Theta_1$  углового эквивалента. Если фаза изменится на величину больше уставки  $t_{\Theta 1}$  (что возможно при КЗ в зоны действия защиты в точке К1, **рис. 1**), то выполнится условие  $\Delta t > t_{\Theta 1}$  и схема сравнения СС1 выдает импульс по крайней мере в течении длительности периода промышленной частоты. Благодаря одновибратору ОВ1 этот импульс присутствует на нем в течении времени  $t_{ОВ1} = t_{СЗП} + t_{ЗАП}$ , где  $t_{ЗАП}$  – время запаса, необходимое для надежного срабатывания выключателя Q.

3) Если фаза тока за измеряемый период изменится больше допустимого (что возможно при КЗ вне зоны действия защиты в точке К2, **рис. 1**), то выполнится условие  $\Delta t > t_{\Theta 2}$  и схема сравнения СС1 выдает импульс по крайней мере в течении длительности периода промышленной частоты. Благодаря одновибратору ОВ2 этот импульс присутствует на нем в течении времени  $t_{ОВ1} = t_{СЗП} + t_{ЗАП}$ , где  $t_{ЗАП}$  – время запаса, необходимое для надежного срабатывания выключателя Q. Поскольку с выхода ОВ2 сигнал поступает на инвертированный вход элемента «И», то в этом случае сигнала на отключение выключателя Q не произойдет.

Таким образом устройство подаст сигнал на отключение выключателя Q при соблюдении трех условий:

- если ток линии превысит уставку тока  $I_L > I_{ЭЗ}$ ;
- если фаза тока линии увеличится превысит первую уставку фазы  $\Delta t > t_{\Theta 1}$ ;
- если фаза тока линии не превысит вторую уставку фазы  $\Delta t < t_{\Theta 2}$ ;

### 3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Токовые защиты, построенные по предлагаемому алгоритму реагируют на КЗ в зоне действия защиты, не срабатывают при КЗ вне зоны действия защиты и при изменении направления мощности в линии в рабочем режиме.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Федосеев А. М. Релейная защита электроэнергетических систем. : учеб. для вузов - М.: Энергоатомиздат. 1984. – 520 с.
- [2] Патент РФ № 2244994 Способ определения направления мощности токовых защит / Никитин К.И.. Оpubл. 20.01.2005, Бюл. № 2.
- [3] Никитин К.И. Орган направления мощности с одной входной величиной/ Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Энергоэффективность». - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. – С. 44-47.