

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ И ОСОБОЙ ФАЗЫ

Сендерович Г.А., к.т.н., с.н.с.

Харьковская национальная академия городского хозяйства,

Украина, 61002, Харьков, ул. Революции, 12, ХНАГХ, кафедра "Электроснабжение городов"

Тел. (057) 707-31-17, E-mail: elcity@ksame.kharkov.ua

У статті розроблена методика автоматизації визначення місця ушкодження. Дано блок-схему аналізатора аварійного режиму, розроблено алгоритм автоматичного визначення виду короткого замикання та особливої фази.

В статті розроблена методика автоматизації визначення місця пошкодження. Дана блок-схема аналізатора аварійного режиму, розроблено алгоритм автоматичного визначення виду короткого замикання та особливої фази.

Использование цифровых осциллографов, выполненных на базе ЭВМ, позволяет зафиксировать и сохранить информацию о мгновенных значениях токов и напряжений по трем фазам всех подходящих к подстанции линий. Разработанный в ХНАГХ фиксатор аварийных сигналов (ФАС) записывает токи и напряжения в течение 12,8 с, сохраняя в памяти их мгновенные значения для предаварийного и аварийного режимов. Дальнейшая обработка мгновенных значений, производимая анализатором сигналов аварийного режима (АНФАС), дает любой желаемый набор параметров режима в месте измерения, который может быть использован для решения ряда энергетических задач.

На основе применения АНФАС разработано устройство определения места повреждения в сети с эффективно заземленной нейтралью [1]. Оперативность получения результата является одной из важнейших задач работы устройства по определению места повреждения. Кроме того, желательно иметь возможность получения результата без привлечения высококвалифицированных специалистов. В связи с этим появляется необходимость разработки блока, обеспечивающего автоматизацию расчетов.

Отличие от известных приборов одностороннего определения места повреждения типа МИР, МФИ, ИМФ, выполненных на микропроцессорной базе [2], использование цифровых осциллографов позволяет производить анализ режимов по вторичным информативным параметрам, полученным после обработки мгновенных значений токов и напряжений в интервале анализа аварийного режима. При этом появляется возможность использовать критерии по определению вида КЗ и особой фазы, как совпадающие с используемыми в микропроцессорной технике, так и существенно отличающиеся от них. Так, в названных устройствах вид КЗ и особую фазу определяют по фазовым соотношениям векторов симметричных составляющих токов. Есть режимы работы сети, в которых эти критерии работают ложно. Для обеспечения надежности их работы приходится применять дополнительные меры. В частности, в некоторых работах предлагается коррекция угловых величин границ областей характерного расположения векторов [3], что

тоже не является гарантией правильного действия во всех аварийных режимах.

Целью статьи является разработка алгоритма действия блока автоматизации расчетов (БАР) и его функциональной связи с устройством АНФАС.

Блок автоматизации расчетов входит в состав анализатора фиксируемых аварийных сигналов АНФАС (рис. 1) и должен работать в трех режимах: автоматическом, полуавтоматическом, информационном.

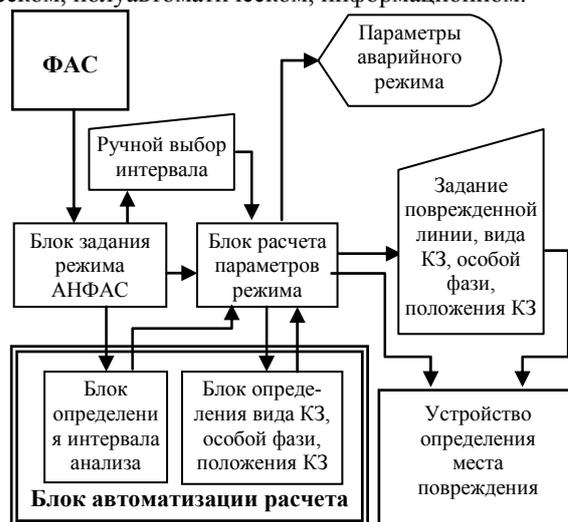


Рис. 1. Блок - схема анализатора фиксируемых аварийных сигналов (АНФАС)

Автоматический режим предназначен для обнаружения и указания вида КЗ, поврежденных фаз и расстояния до места КЗ непосредственно после отключения линии и без участия эксплуатационного персонала.

БАР должен запускаться по факту срабатывания релейной защиты и выполнять следующие функции в автоматическом режиме:

- выбор начального момента интервала анализа аварийного режима;
- определение вида КЗ;
- определение особой фазы;
- определение места положения КЗ.

Полуавтоматический режим рассчитан на квалифицированных специалистов энергетиков. В этом режиме оператор по осциллограммам токов и напря-

жений выполняет функции БАР. Полуавтоматический режим позволяет повысить точность определения места повреждения за счет квалифицированного выбора начала и продолжительности интервала анализа аварийного режима.

Информационный режим предназначен для получения информации по заданному пакету параметров режима для дальнейшего их использования по усмотрению оператора.

Основной частью АНФАС является блок расчета параметров режима, в котором формируются комплексные величины параметров режима, нужных для функционирования устройства определения места повреждения. Для этого необходимо выделить интервал анализа [4], определить вид короткого замыкания (КЗ), особую фазу, место положения КЗ. Эти функции выполняет БАР, который состоит из двух соответствующих блоков.

Для определения вида КЗ и особой фазы предлагается следующий алгоритм.

1. Производится проверка наличия КЗ по факту превышения действующим значением прямой последовательности тока хотя бы одной из фаз заданной уставки.

$$\left. \begin{aligned} A1 &:= I_{A1} > I_{уст}; \\ B1 &:= I_{B1} > I_{уст}; \\ C1 &:= I_{C1} > I_{уст}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

В качестве уставки должна приниматься величина тока, для которой гарантированно превышение ее составляющей прямой последовательности минимального тока КЗ. В качестве первого приближения можно принять $I_{уст} = I_{TA}$ [2], где $I_{номTA}$ - номинальный ток измерительных трансформаторов тока линии электропередачи. Использование токов прямой последовательности в отличие от фазных позволяет отстроиться от продольной несимметрии.

Условием подтверждения наличия КЗ есть дизъюнкция элементарных высказываний $A1, B1, C1$:

$$Y1 = A1 \vee B1 \vee C1 = 1. \quad (2)$$

При $Y1 = 0$ фиксируется отсутствие КЗ на линии.

2. В случае выполнения условия (2) определяется наличие замыкания на землю.

При однофазных и двухфазных замыканиях на землю в сетях с эффективно заземленной нейтралью токи нулевой последовательности существенно превышают рабочие токи здоровых фаз [5]. Наличие замыкания на землю можно определить из условия превышения током нулевой последовательности в неповрежденной фазе. Для этого надо выяснить выполнение элементарных событий

$$\left. \begin{aligned} A2 &:= I_0 > I_a; \\ B2 &:= I_0 > I_b; \\ C2 &:= I_0 > I_c. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

дизъюнкция которых дает достаточное условие наличия КЗ на землю:

$$Y2 = A2 \vee B2 \vee C2 = 1. \quad (4)$$

Блок-схема алгоритма определения вида КЗ и особой фазы приведена на рис. 2.

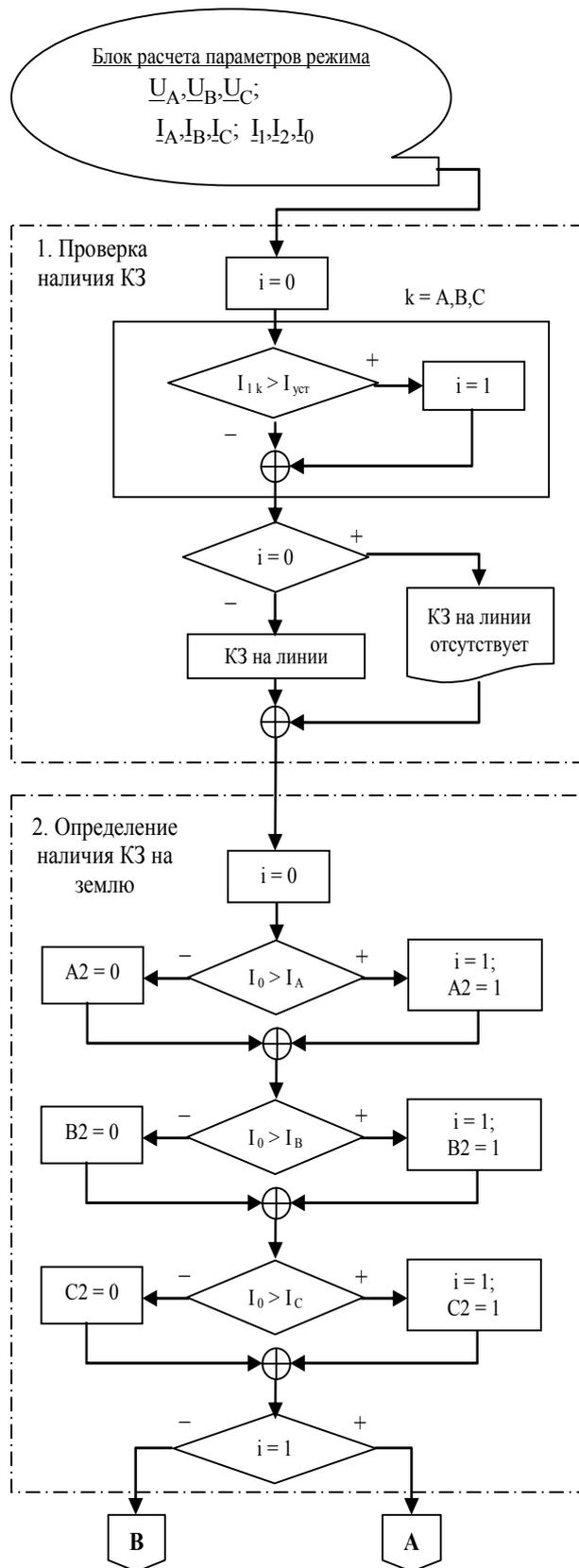


Рис.2. Блок-схема алгоритма определения вида КЗ

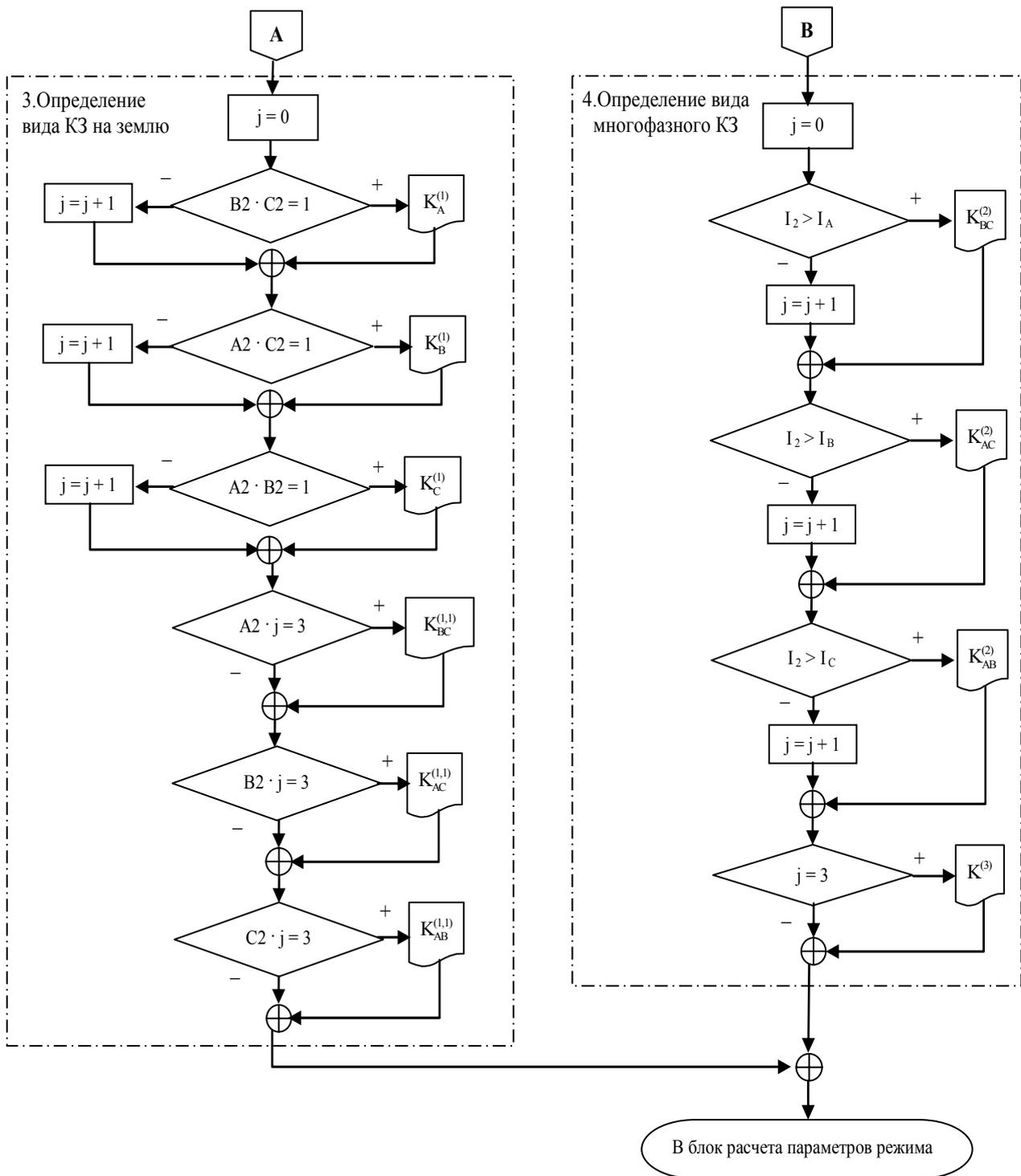


Рис.2. Блок-схема алгоритма определения вида КЗ (продолжение)

3. В случае выполнения условия (4), определяем вид КЗ на землю. Для этого учтем, что при однофазном замыкании ($K^{(1)}$) неравенства (3) будут выполняться в двух фазах, а при двухфазном замыкании на землю ($K^{(1,1)}$) - в одной фазе. Различить $K^{(1)}$ и $K^{(1,1)}$ можно, рассматривая три конъюнкционных уравнения:

$$\left. \begin{aligned} A3 &:= B2 \wedge C2; \\ B3 &:= A2 \wedge C2; \\ C3 &:= A2 \wedge B2. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Условием наличия однофазного является дизъюнкция событий $A3, B3, C3$:

$$Y3 = A3 \vee B3 \vee C3 = 1 \rightarrow K^{(1)}. \quad (6)$$

Полное условие должно учитывать, что при $K^{(1)}$ неравенства (3) выполняются в двух фазах, а в третьей не выполняются:

$$(A3 \wedge \overline{A2}) \vee (B3 \wedge \overline{B2}) \vee (C3 \wedge \overline{C2}) \rightarrow K^{(1)}. \quad (7)$$

Определение поврежденной фазы при однофазном КЗ уже заложено в формулах (6), (7). Необходи-

мыми и достаточными условиями наличия однофазного КЗ в фазах A ($K_A^{(1)}$), B ($K_B^{(1)}$), C ($K_C^{(1)}$) являются:

$$\left. \begin{aligned} (\overline{A2} \wedge B2 \wedge C2) \wedge (\overline{B2} \wedge A2 \wedge C2) \wedge (\overline{C2} \wedge A2 \wedge B2) &\rightarrow K_A^{(1)}; \\ (\overline{B2} \wedge A2 \wedge C2) \wedge (\overline{A2} \wedge B2 \wedge C2) \wedge (\overline{C2} \wedge A2 \wedge B2) &\rightarrow K_B^{(1)}; \\ (\overline{C2} \wedge A2 \wedge B2) \wedge (\overline{A2} \wedge B2 \wedge C2) \wedge (\overline{B2} \wedge A2 \wedge C2) &\rightarrow K_C^{(1)}. \end{aligned} \right\} (8)$$

Выражения (7) и (8) несут избыточную информацию, так как события событий $A2$, $B2$, $C2$ не являются независимыми. При выполнении условия (4) $Y2 = 1$, для определения поврежденной фазы достаточно знать, как выполняются условия (5):

$$\left. \begin{aligned} B2 \wedge C2 &\rightarrow K_A^{(1)}; \\ A2 \wedge C2 &\rightarrow K_B^{(1)}; \\ A2 \wedge B2 &\rightarrow K_C^{(1)}. \end{aligned} \right\} (9)$$

С учетом (3):

$$\left. \begin{aligned} (I_0 \rangle I_B) \wedge (I_0 \rangle I_C) &\rightarrow K_A^{(1)}; \\ (I_0 \rangle I_A) \wedge (I_0 \rangle I_C) &\rightarrow K_B^{(1)}; \\ (I_0 \rangle I_A) \wedge (I_0 \rangle I_B) &\rightarrow K_C^{(1)}. \end{aligned} \right\} (10)$$

Если при наличии замыкания на землю ($Y2 = 1$) уравнение (6) не выполняется, то имеет место двухфазное КЗ на землю. Условие наличия этого повреждения:

$$Y3 = A3 \vee B3 \vee C3 = 0 \rightarrow K^{(1,1)}. \quad (11)$$

В особой фазе при $K^{(1,1)}$ будет выполняться одно из неравенств (3). Определение особой фазы можно описать следующими выражениями:

$$\left. \begin{aligned} I_0 \rangle I_A &\rightarrow A \left(K_{BC}^{(1,1)} \right); \\ I_0 \rangle I_B &\rightarrow B \left(K_{AC}^{(1,1)} \right); \\ I_0 \rangle I_C &\rightarrow C \left(K_{AB}^{(1,1)} \right). \end{aligned} \right\} (12)$$

4. В случае отсутствия замыкания на землю ($Y2 = 0$) определяем вид междуфазного КЗ и особую фазу, если имеет место двухфазное КЗ ($K^{(2)}$).

Проверку наличия несимметрии можно осуществлять по условию [2]:

$$Y4 := 6 \cdot I_2 \rangle I_1. \quad (13)$$

Выполнение условия (13) является признаком несимметрии. Двухфазное КЗ имеет место при:

$$Y4 = 1 \rightarrow K^{(2)}. \quad (14)$$

При двухфазном КЗ в неповрежденной фазе вектора токов прямой и обратной последовательностей имеют взаимный угол, превышающий 180° [4], в поврежденных фазах этот угол меньше 180° . Такая особенность дает признак особой фазы:

$$\left. \begin{aligned} I_2 \rangle I_A &\rightarrow A \left(K_{BC}^{(2)} \right); \\ I_2 \rangle I_B &\rightarrow B \left(K_{AC}^{(2)} \right); \\ I_2 \rangle I_C &\rightarrow C \left(K_{AB}^{(2)} \right). \end{aligned} \right\} (15)$$

Трехфазное КЗ будет в том случае, если условие (14) не выполняется:

$$Y4 = 0 \rightarrow K^{(3)}, \quad (16)$$

или не выполняется ни одно из неравенств (15):

$$Y5 = (I_2 \rangle I_A) \vee (I_2 \rangle I_B) \vee (I_2 \rangle I_C) = 0 \rightarrow K^{(3)}. \quad (17)$$

ВЫВОДЫ

Использование анализатора сигналов аварийного режима (АНФАС), выполненного на базе ЭВМ, позволяет получить достаточно простые и надежные по сравнению с применяемыми в микропроцессорной технике алгоритмы автоматического определения вида короткого замыкания и особой фазы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Автоматизированные методы и средства определения мест повреждения линий электропередачи: Уч. пособие / О.Г. Гриб, А.А. Светелик, Г.А. Сендерович, Д.Н. Калужный. Под общей редакцией О.Г. Гриба. – Харьков, 2003. – 146 с.
- [2] Алгоритмы функционирования и опыт эксплуатации микропроцессорных устройств определения мест повреждения линий электропередачи. / А.К. Белотелов, А.-С.С. Саухатас, А.И. Иванов, Д.Р. Любарский. - Электрические станции, 1997, №12, с. 7-12.
- [3] Совершенствование приборов одностороннего определения места повреждения на ВЛ. / А.Е. Аржаников, Е.А. Аржаников, М.Г. Марков, А.М. Чухин, - Электрические станции, 1998, №3, с. 43 - 46.
- [4] Седерович Г.А. Автоматизация расчетов по определению места повреждения линии электропередачи // Наукові праці Донецького Національного технічного університету. Серія "Електротехніка і енергетика". - Донецьк: ДонНТУ. - 2004. Випуск 79. - С. 175-178.
- [5] Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. - М., "Энергия", 1970, 520 с.

Поступила 10.02.2005