

УДК 621.316.13: 621.316.95

ДАЛЬНЕЕ РЕЗЕРВИРОВАНИЕ ОТКАЗОВ ЗАЩИТ РАЗВЕТВЛЕННОЙ СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С УЧЕТОМ ПУСКОВЫХ ТОКОВ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ**А. Г. Серeda**Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, 61002, Украина. E-mail: lexis_suba@mail.ru

Обоснована актуальность повышения чувствительности аппаратов защиты к токам удаленных коротких замыканий при реализации дальнего резервирования отказов защит. Проанализированы существующие способы блокировки срабатывания автоматических выключателей при прямом пуске асинхронных электродвигателей. Показано, как цифровая обработка сигналов от датчиков тока и напряжения позволяет расширить возможности реализуемых защит в расцепителях автоматических выключателей. Доказана возможность идентификации вида броска тока в переходном режиме возникновения возмущения электрической цепи. Дано научно-техническое обоснование применения комплексного критерия идентификации пускового тока асинхронного электродвигателя. Приведен алгоритм и блок-схема функционирования микропроцессорного устройства защиты при блокировании срабатывания автоматических выключателей для обеспечения гарантированного пуска и разгона асинхронного электродвигателя.

Ключевые слова: дальнее резервирование, микропроцессорное устройство релейной защиты.**ВІДДАЛЕНЕ РЕЗЕРВУВАННЯ ВІДМОВ ЗАХИСТІВ РОЗГАЛУЖЕНОЇ МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З УРАХУВАННЯМ ПУСКОВИХ СТРУМІВ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ****О. Г. Серeda**Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
вул. Фрунзе, 21, м. Харків 61002, Україна. E-mail: lexis_suba@mail.ru

Обґрунтована актуальність підвищення чутливості апаратів захисту до струмів віддалених коротких замикань при реалізації дальнього резервування відмов захистів. Проаналізовано існуючі способи блокування спрацювання автоматичних вимикачів при прямому пуску асинхронних електродвигунів. Показано, як цифрова обробка сигналів від датчиків струму та напруги дозволяє розширити можливості захистів, що реалізуються в розчіплювачах автоматичних вимикачів. Доведена можливість ідентифікації виду різкого зростання струму в переходному режимі виникнення збурення електричного кола. Надано науково-технічне обґрунтування застосування комплексного критерію ідентифікації пускового струму асинхронного електродвигуна. Наведено алгоритм та блок-схема функціонування мікропроцесорного пристрою захисту при блокуванні спрацювання автоматичних вимикачів для забезпечення гарантованого пуску і розгону асинхронного електродвигуна.

Ключові слова: віддалене резервування, мікропроцесорний пристрій релейного захисту.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. При защите трехфазной разветвлённой сети электроснабжения от токов коротких замыканий (КЗ) необходима высокая чувствительность защиты к токам $I_{cc\ far}$ удалённых КЗ. Значит токовая уставка I_{sd} автоматического выключателя, установленного в начале магистральной линии, не должна превышать $(1,5-3)I_r$, где I_r – номинальный рабочий ток аппарата защиты. Именно такие значения имеют токи $I_{cc\ far}$ [1]. В тоже время для дальнего резервирования отказа защит такое соотношение токов должно быть обеспечено между величиной I_{cc} ожидаемого тока КЗ за нижестоящим автоматическим выключателем и величиной I_r вышестоящего аппарата защиты: $I_{cc} = (1,5-3)I_r$. Таким образом, повышение чувствительности к токам $I_{cc\ far}$ вышестоящего аппарата, то есть снижение его токовой уставки особенно актуально в случае $I_{cc\ far} \approx I_{cc}$, если КЗ произошло на небольшом расстоянии за нижестоящим автоматическим выключателем.

Повысить чувствительность защиты к токам $I_{cc\ far}$ в обоих случаях не позволяют значительные по величине пусковые токи I_{st} асинхронных электродвигателей (ЭД), на которые защита не должна реаги-

ровать. Поэтому для обеспечения высокой чувствительности к токам $I_{cc\ far}$ необходима избирательная реакция на разные виды возмущения электрической цепи. При возникновении пусковых токов I_{st} защита не должна срабатывать, а при возникновении таких же и меньших по величине токов КЗ защита должна сработать. Таким образом, актуальной задачей повышения чувствительности защит к токам КЗ является идентификация пусковых токов ЭД и блокировка срабатывания защиты при их возникновении.

Анализ предыдущих исследований и последних публикаций. Проблему можно решить, используя в качестве критерия идентификации вида тока возмущения величину коэффициента мощности $\cos\varphi$ электрической цепи [1–3]. При пуске ЭД значение $\cos\varphi$ находится в пределах 0,2–0,3, а при токах, удалённых КЗ, $\cos\varphi$ равен 0,7–0,8. Другие параметры, используемые в качестве критерия идентификации вида тока возмущения, также как и $\cos\varphi$, характеризуют соотношение активного и реактивного сопротивлений защищаемой электрической цепи. Например, терминалы БМРЗ-0,4 [4, 5] и Sepam [6–8] по соотношению приращений активного и реактивного

тока прямой последовательности способны обеспечить идентификацию пусковых токов ЭД и защиту от удалённых КЗ. В алгоритме дальнего резервирования дополнительно используется мощность обратной последовательности. Недостатки такой идентификации пусковых токов заключаются в следующем. Во-первых, необходимо выделять и определять соответствующие токи прямой последовательности, а также проводить вычисления активной и реактивной мощностей. Это существенно усложняет алгоритм защиты. Во-вторых, время идентификации получается недопустимо большим, так как для точного определения среднего значения мощности в фазе и действующего (среднеквадратичного) значения фазного тока, необходимым условием является затухание аperiodической составляющей тока в переходном режиме. В цепях с $\cos\varphi = 0,2-0,3$ время существования значимой величины аperiodической составляющей тока составляет 2–3 периода изменения тока (40–60 мс для рабочей частоты 50 Гц).

Отдельно отметим, что для резервирования отказов в многоступенчатой системе защиты разветвлённых электрических цепей, при отказе нижестоящего аппарата его защитные функции должен надёжно реализовать вышестоящий аппарат. Поэтому, кроме высокой чувствительности к токам $I_{cc\ far}$ необходимо и высокое быстродействие. Иначе, даже при достаточной чувствительности, но значительном времени срабатывания вышестоящего аппарата, термическая стойкость аварийного участка за отказавшим аппаратом может оказаться недостаточной. Это обусловлено тем, что при ступенчато-временной системе селективной защиты выдержка времени вышестоящего аппарата по условиям обеспечения надёжной селективности с учетом разброса по току и времени срабатывания автоматических выключателей [5] не может быть меньше двукратной выдержки времени нижестоящего отказавшего аппарата. Если имеется несколько ступеней защиты, время селективной задержки вышестоящего аппарата может оказаться недопустимо большим 0,5–0,8 с. Тогда целесообразно дополнительно использовать быстродействующую селективную защиту с использованием интегральных уставок [9, 10]. Это позволяет сохранить селективность многоступенчатой защиты и существенно снизить время срабатывания вышестоящего аппарата. Для реализации интегральной быстродействующей селективной защиты время идентификации вида тока возмущения должно быть минимальным. Только при сочетании высокой чувствительности и высокого быстродействия в полном объеме можно реализовать режим дальнего резервирования и повысить надёжности защиты.

Цель работы – быстрая идентификация вида тока возмущения электрической цепи, в частности пускового тока I_{st} ЭД, за время, не превышающее одного, первого периода изменения тока после возникновения возмущения цепи.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Идентификация пусковых токов ЭД проводится в переходном режиме по дискретным значениям фазных токов i_{ja}, i_{jb}, i_{jc} ($i_{j(a,b,c)}$) и соответствующих напряжений u_{ja}, u_{jb}, u_{jc} ($u_{j(a,b,c)}$), а точнее по их произведению: мгновенные значения мощности p_{ja}, p_{jb}, p_{jc} ($p_{j(a,b,c)}$). Возможность идентификации вида возмущения электрической цепи, пуск ЭД или удаленное КЗ, основана на анализе характера изменения во времени суммарной мгновенной мощности трехфазной цепи в первый период T_1 возникновения возмущения (первые 20 мс), а именно по соотношению экстремальных значений указанной зависимости в переходном режиме изменения тока возмущения.

С помощью математического моделирования были проанализированы зависимости изменения во времени суммарной для трехфазной цепи активной мощности, потребляемой ЭД при пуске:

$$p_{\Sigma em} = f(t) = p_a(t) + p_b(t) + p_c(t), \quad (1)$$

где $p_a(t), p_b(t), p_c(t)$ – мгновенные значения потребляемой ЭД активной мощности в фазах a, b, c , соответственно.

Значения $p_a(t), p_b(t), p_c(t)$ в установившемся режиме изменяются во времени по синусоидальному закону, поэтому характер изменения во времени фазной мощности $p_{ph}(t)$ в переходном режиме пуска ЭД, а именно экстремальные значения, определяются моментом возникновения пускового тока I_{st} и значением электромагнитной постоянной времени цепи φ ($\cos\varphi$). Момент возникновения тока I_{st} является величиной случайной, поэтому по характеру изменения зависимости $p_{ph}(t)$ невозможно извлечь достоверную информацию о величине φ . Как показали результаты математического моделирования точную информацию о величине φ можно извлечь из анализа зависимости во времени мощности $p_{\Sigma em}$.

Установлено, что в установившемся режиме мгновенные значения суммарной для трехфазной цепи активной мощности $p_{\Sigma em}(t)$, потребляемой ЭД во времени есть величина постоянная: $p_{st} = \text{const}$ (установившееся значение). Поэтому, как и подтвердили результаты математического анализа, характер зависимости $p_{\Sigma em}(t)$ в переходном режиме не зависит от момента возникновения тока I_{st} . Значит характер изменения функции $p_{\Sigma em}(t)$, в частности её экстремальные значения p_{\min} и p_{\max} , зависят только от величины φ ($\cos\varphi$). Поэтому по характеру изменения функции $p_{\Sigma em}(t)$ в первый период пуска ЭД можно определить φ ($\cos\varphi$) в переходном режиме возникновения тока возмущения.

На рис. 1 показаны зависимости во времени мгновенного значения мощности $p_{\Sigma em}$ для двух случаев тока возмущения: $\cos\varphi = 0,2$, что соответствует пуску ЭД, и $\cos\varphi = 0,7$, что соответствует удалённому КЗ, иллюстрирующие рассмотренные выше свойства функции $p_{\Sigma em}(t)$ в переходном режиме.

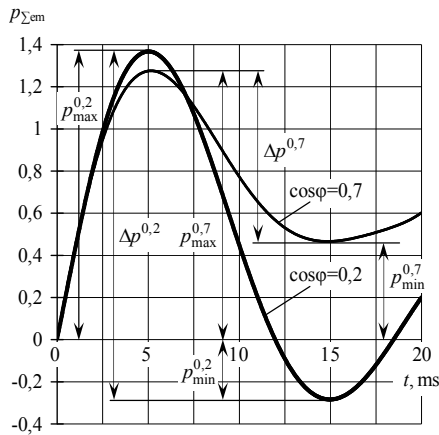


Рисунок 1 – Изменение во времени мгновенного значения суммарной мощности трехфазной цепи

Для удобства сравнения, амплитудные значения тока I_m и напряжения U_m приняты равными 1. В обоих случаях изменение мгновенной мощности происходит с колебанием от экстремального максимального значения p_{max} к минимальному p_{min} . При этом величина $p_{\Sigma em}$ между значениями p_{max} и p_{min} при разных $\cos\phi$ существенно отличается. «Размах» экстремальных значений $\Delta p^{0,2} = p_{max}^{0,2} - p_{min}^{0,2}$ для цепи с $\cos\phi = 0,2$ получается, примерно в 2 раза больше, чем аналогичный $\Delta p^{0,7} = p_{max}^{0,7} - p_{min}^{0,7}$ «размах» для цепи с $\cos\phi = 0,7$.

Таким образом, можно констатировать, что по экстремальным значениям p_{max} и p_{min} мгновенной мощности можно определить $\cos\phi$ в переходном режиме для идентификации вида тока возмущения электрической цепи.

Чтобы критерий идентификации вида тока возмущения по величинам p_{max} и p_{min} не зависел от абсолютных значений тока и напряжения, он должен быть выражен в относительных единицах. Функция $p_{\Sigma em}(t)$ может принимать отрицательные значения (рис. 1), поэтому использовать отношение p_{max}/p_{min} , или p_{min}/p_{max} , неудобно. В первом случае в зависимости $\cos\phi = f(p_{max}/p_{min})$ будет разрыв при $p_{min} = 0$, а в случае p_{min}/p_{max} возможны как положительные, так и отрицательные значения.

В этой связи, более удобным и значимым коэффициентом, характеризующим «размах» значений p_{max} и p_{min} при изменении $\cos\phi$, является отношение:

$$K_p = \frac{p_{max} - p_{min}}{p_{max} + p_{min}}. \quad (2)$$

На рис. 2 приведена зависимость коэффициента K_p в функции $\cos\phi$. Из приведенной зависимости следует, что при пуске ЭД, когда $\cos\phi = 0,2-0,3$, значения коэффициента K_p находятся в пределах 1,5–0,8, а при удаленном КЗ ($\cos\phi = 0,7-0,8$), $K_p = 0,13-0,08$.

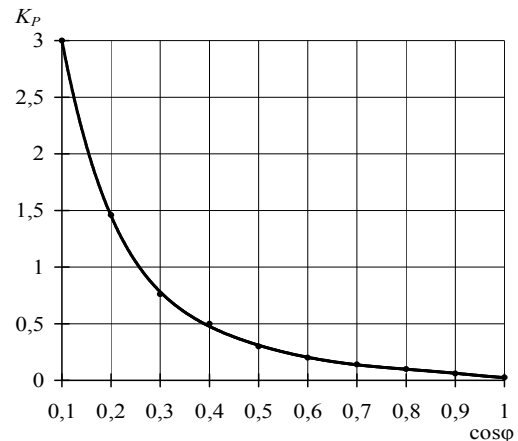


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента K_p в функции $\cos\phi$

Минимальное значение K_p при пуске ЭД получается в 6 раза больше, чем его наибольшее значения при удаленном КЗ. Таким образом, можно констатировать, что коэффициент K_p , отражающий соотношение экстремальных значений мгновенной мощности трехфазной цепи, является достаточно значимым критерием для быстрой идентификации вида возмущения цепи в переходном режиме возникновения тока возмущения, в том числе тока I_{st} .

Чтобы использовать коэффициент K_p как критерий идентификации тока возмущения, предварительно необходимо определить тип тока возмущения цепи: трехфазный или двухфазный. Пусковой ток ЭД, на который не должна реагировать максимальная токовая защита (МТЗ), всегда трехфазный. При этом установившиеся действующие значения фазных токов возмущения должны быть одинаковыми. Однако в первый период T_1 после возникновения возмущения действующие значения токов возмущения из-за наличия апериодической составляющей могут отличаться. Но, как показали расчеты, при пуске ЭД, когда $\cos\phi = 0,2-0,3$, максимальное $\Delta I_{(a,b,c)max}$ из действующих значений токов возмущения в фазах ΔI_a , ΔI_b , ΔI_c за время T_1 не превышает минимальное значение $\Delta I_{(a,b,c)min}$ более, чем на 20 %. Поэтому вторым необходимым условием идентификации пускового тока ЭД является неравенство:

$$\frac{\Delta I_{(a,b,c)max} - \Delta I_{(a,b,c)min}}{\Delta I_{(a,b,c)max}} \leq 0,2. \quad (3)$$

Рассмотренные условия идентификации пускового тока ЭД необходимо дополнить третьим. Если КЗ будет не удаленным, а вблизи источника питания, то значение $\cos\phi$ цепи при таком токе возмущения может быть 0,2–0,3, как при пуске ЭД. Третьим условием идентификации пускового тока ЭД является величина действующего значения симметричной составляющей фазного тока возмущения ΔI_{ph} . Значение ΔI_{ph} не должно превышать заданного значения пускового тока электродвигателя I_{st} :

$$\Delta I_{ph} \leq I_{st}. \quad (4)$$

Для правильного определения величины ΔI_{ph} методом интегрирования квадратов дискретных

значений тока вычисления следует проводить после затухания апериодической составляющей, спустя 40–60 мс после возникновения тока возмущения. Значит, время идентификации вида тока возмущения составит 60–80 мс. Такая МТЗ не может считаться быстродействующей. Для обеспечения требуемого быстродействия идентификации тока I_{st} величина ΔI_{ph} должна быть определена также быстро, как и значение K_p . Быстрое, до окончания переходного процесса изменения тока возмущения, определение величины ΔI_{ph} производится путем анализа значения p_{max} .

Как отмечалось ранее, характер изменения функции $p_{\Sigma em}(t)$ в переходном режиме пуска ЭД определяется только величиной $\cos\phi$. Поэтому каждому значению $\cos\phi$, а также каждому значению K_p соответствует определённое соотношение между p_{max} и установившимся значением p_{st} . Отсюда следует, что если найдены значения p_{min} и p_{max} и определён коэффициент K_p , то значение p_{st} определяется выражением:

$$p_{st} = p_{max} / K_{st}, \quad (5)$$

где $K_{st} = p_{max} / p_{st}$ – коэффициент, характеризующий соотношение мощностей p_{max} и p_{st} при разных значениях K_p .

Зависимость коэффициента K_{st} от коэффициента K_p показана на рис. 3.

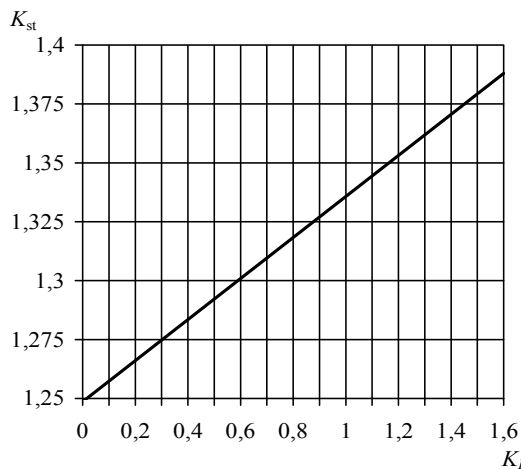


Рисунок 3 – Взаимосвязь коэффициентов K_{st} и K_p

Если найдено значение мощности в установившемся режиме p_{st} , значение ΔI_{ph} может быть, с определёнными допущениями, определено из выражения:

$$\Delta I_{ph} = \frac{\Delta p_{st}}{U_{0a} + U_{0b} + U_{0c}}, \quad (6)$$

где Δp_{st} – установившееся значение мощности вызванной током возмущения; U_{0a} , U_{0b} , U_{0c} – действующие значения фазных напряжений за период T_0 , предшествующий первому периоду T_1 возникновения тока возмущения.

Если питающая сеть недостаточно мощная, то найденное значение тока возмущения будет больше действительного. Такая погрешность в расчете величины ΔI_{ph} не ухудшает качество МТЗ, т.к. спра-

вочная величина пускового тока ЭД приводится для мощной сети. Поэтому при идентификации пускового тока более корректной является не фактическая, более низкая, величина пускового тока, а величина I_{st} , приводимая в справочнике.

Таким образом, при идентификации тока возмущения цепи как пускового тока асинхронного ЭД, используется комплексный критерий, включающий в себе три составляющих:

- ток возмущения должен быть трёхфазным;
- коэффициент соотношения экстремальных значений активной мощности K_p должен быть больше значения 0,45 (соответствует $\cos\phi = 0,4$);
- расчетное действующее значение симметричной составляющей тока возмущения ΔI_{ph} меньше или равно заданному справочному значению пускового тока I_{st} ЭД.

Если выполняются указанные условия, процесс возмущения трехфазной электрической цепи идентифицируется как пуск асинхронного ЭД и блокируется срабатывание МТЗ.

Алгоритм быстрой идентификации пусковых токов ЭД, заключается в следующем:

1. Непрерывно производится мониторинг токов возмущения цепи в фазах в течение одного периода после возникновения возмущения.
2. Определяется тип тока возмущения трёхфазный или двухфазный.
3. Если ток возмущения трёхфазный, то последовательно определяется, зависимость $\Delta p_{\Sigma em}(t)$, ее экстремальные значения p_{max} и p_{min} и коэффициент K_p .

4. Если значение коэффициента K_p больше значения 0,45, последовательно определяется установившееся значение p_{st} мгновенной мощности и расчетное действующее значение симметричной составляющей тока возмущения ΔI_{ph} .

Микропроцессорный модуль, реализующий приведенный алгоритм, может быть узлом защитного устройства МТЗ (расцепитель автоматического выключателя) или выполняться в виде самостоятельного устройства, устанавливаемого рядом с автоматическим выключателем и воздействовать на его независимый расцепитель. Во всех случаях заданное значение пускового тока I_{st} всегда будет больше токовой уставки зоны КЗ аппарата защиты, что и позволяет повысить чувствительность к удалённым КЗ и реализовывать режим дальнего резервирования.

Блок-схема, иллюстрирующая работу микропроцессорного устройства защиты (МУЗ) при идентификации пусковых токов, приведена на рис. 4. Отдельные арифметические и логические операции условно представлены в виде модулей. Физически этих модулей не существует, их использование необходимо для удобства изложения функционирования МУЗ при идентификации пусковых токов в МТЗ.

Функционирует микропроцессорное устройство следующим образом.

1. В модуле 1 аналоговые сигналы от датчиков тока и напряжения (ДТН) в фазах a, b, c преобразуются в дискретные значения $i_{j(a,b,c)}$ и $u_{j(a,b,c)}$.

2. В модуле 2 непрерывно определяют мгновенные $\Delta i_{j(a,b,c)}$ и действующие $\Delta I_{(a,b,c)}$ значения тока возмущения цепи в каждой фазе:

$$\Delta i_{j(a,b,c)} = i_{jT_1(a,b,c)} - i_{jT_0(a,b,c)}; \quad (7)$$

$$\Delta I_{(a,b,c)} = \sqrt{\frac{1}{T_1} \sum_1^n \Delta i_{j(a,b,c)}^2 \Delta t}, \quad (8)$$

Где $i_{jT_1(a,b,c)}$ и $i_{jT_0(a,b,c)}$ – мгновенные значения тока в каждой фазе в течение текущего T_1 и предшествующего ему T_0 периода изменения тока, сдвинутые во времени на 20 мс; $n = T/\Delta t$; $T = T_0 = T_1 = 20$ мс – период изменения напряжения питания для рабочей частоты 50 Гц; Δt – интервал дискретизации аналоговых зависимостей фазных токов и напряжений.

3. В модуле 3 определяют максимальное $\Delta I_{(a,b,c)\max}$ и минимальное $\Delta I_{(a,b,c)\min}$ из действующи-

х значений $\Delta I_a, \Delta I_b, \Delta I_c$ токов в фазах за период T_1 , а также их соотношение и вырабатывают управляющий сигнал «Да» на модуль 4, если выполняется условие (3).

4. В модуле 4 определяются дискретные значения приращений активной мощности в первый период возмущения электрической цепи в каждой фазе $\Delta p_{ja}, \Delta p_{jb}, \Delta p_{jc}$ как произведение

$$\Delta p_{j(a,b,c)} = \Delta i_{j(a,b,c)} u_{j(a,b,c)}, \quad (9)$$

а также максимальное p_{\max} и минимальное p_{\min} значения зависимости

$$p_{\Sigma em}(t) = \Delta p_a(t) + \Delta p_b(t) + \Delta p_c(t). \quad (10)$$

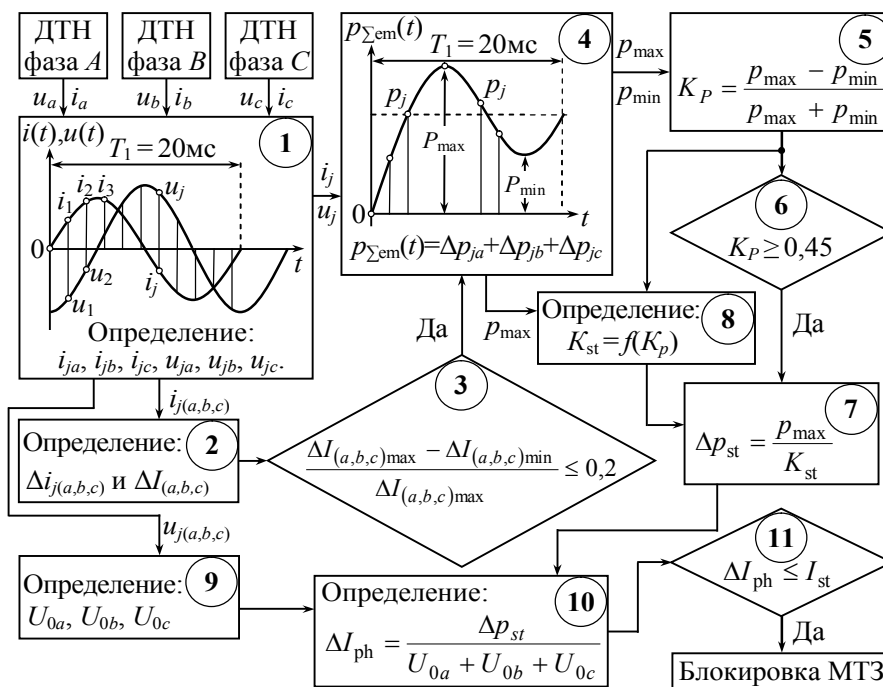


Рисунок 4 – Блок-схема функционирования МУЗ

5. В модуле 5 определяют коэффициент K_p (2).

6. В модуле 6 проверяется выполнение условия $K_p \geq 0,45$ и вырабатывается управляющий сигнал «Да» на модуль 7.

7. В модуле 7 определяют установившееся значение приращения суммарной мощности Δp_{st} процесса возмущения цепи из выражения (5).

8. В модуле 8 из зависимости $K_{st} = f(K_p)$ (рис. 3), заданной в виде таблицы определяют значение коэффициента K_{st} .

9. В модуле 9 по дискретным значениям $u_{j(a,b,c)}$ непрерывно определяют действующие значения фазных напряжений U_{0a}, U_{0b}, U_{0c} за период T_0 , предшествующий текущему T_1 первому периоду возникновения тока возмущения как

$$U_{0(a,b,c)} = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_1^n u_{j(a,b,c)}^2 \Delta t}. \quad (11)$$

10. В модуле 10 определяют расчетное значение тока ΔI_{ph} из выражения (6).

11. В модуле 11 проверяется выполнение условия (4) и вырабатывается управляющий сигнал на блокирование срабатывания МТЗ.

ВЫВОДЫ.

1. Приведено научно-техническое обоснование выбора комплексного критерия идентификации тока возмущения электрической цепи, позволяющего повысить чувствительность защиты к токам удаленных коротких замыканий и реализовать дальнейшее резервирование отказов.

2. Разработан алгоритм быстрой идентификации вида возмущения электрической цепи, в частности пускового тока асинхронного электродвигателя, за время, не превышающее одного периода изменения тока после возникновения возмущения цепи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 81981 України МПК H02N 7/00, H01N 73/00 Система захисту розгалужених трифазних електричних кіл від струмів віддалених коротких замикань / Г.М. Гапоненко, В.В. Омельченко, О.С. Кобозев, № а200604596; заявлено 25.04.2006; опубл. 25.02.2008, Бюл. № 4.

2. Підвищення чутливості максимального струмового захисту до струмів віддалених коротких замикань / О.Г. Середя, О.С. Кобозев // *Электротехнические и компьютерные системы*. – 2013. – № 09 (85). – С. 57–64.

3. Пат. № 101084 України МПК (2013.01) H02N 3/08 (2006.01), H02N 7/00, H01N 73/00. Спосіб швидкодіючого максимального струмового захисту з високою чутливістю до струмів віддалених коротких замикань / О.С. Кобозев, О.Г. Середя; № а201109057; заявл. 19.07.2011; опубл. 25.02.2013, Бюл. № 4.

4. Дальнее резервирование отказов защит и выключателей в сетях 0,4 кВ / А.В. Беляев, М.А. Эдлин

// *Электрические станции*. – 2002. – № 12. – С. 51–55.

5. Беляев А.В. Выбор аппаратуры, защит и кабелей в сетях 0,4 кВ. – СПб.: ПЭИПК, 2008. – 230 с.

6. Electrical network protection. Sepam series 20/40/60/80 digital protection relays // Catalogue. – 2013. – 286 p.

7. Electrical network protection Sepam series 80. Protection, metering and control functions // User's manual. – 2013. – 322 p.

8. Методика расчета уставок защит Sepam // Техническая коллекция Schneider Electric. – 2006. – № 3. – 71 с.

9. Выключатели с новыми защитными характеристиками для повышения качества защиты электрических сетей низкого напряжения / В.Е. Райнин, А.С. Кобозев // *Электротехника*. – 2010. – № 11. – С. 18–24.

10. Модернизация системы защиты городских электрических сетей 0,4 кВ за счет использования микропроцессорной техники в расцепителях выключателей / А.Г.Сосков, А.С. Кобозев // *Світлотехніка та електроенергетика*. – 2010. – № 2. – С. 53–63.

REMOTE PROTECTION OF BACKUP FAILURE IN A BRANCHED ELECTRICAL NETWORK FACTORING IN STARTING CURRENTS OF INDUCTION MOTORS

O. Sereda

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»

vul. Frunze 21, Kharkiv, 61002, Ukraine. E-mail: lexus_suba@mail.ru

In the paper, the author has grounded the relevancy of increasing sensitivity of devices protection to remote short-circuit currents in the failure protection remote backup implementation. During the research the existing methods of circuit breakers operation blocking for the direct start of induction motors were analyzed. It was shown that digital processing of signals from the current and voltage sensors allows empowering the protective ability of circuit breakers trip units. Also, the possibility of type identification of current fast increase in a transient mode of disturbance of electrical circuit was proved. The author has given scientific and technical justification for application of the complex criterion of the induction motor starting current identification. The paper presents the algorithm and block scheme of the microprocessor protection devices' operation when blocking of circuit breakers, which provides guaranteed start-up and acceleration of induction motors.

Key words: remote backup, microprocessor relay protection device.

REFERENCES

1. Gaponenko, G.M., Omelchenko, V.V., and Kobozev, O.S. (2008), *Systema zahystu rozgaluzhenykh tryfaznykh elektrychnykh kil vid strumiv viddalenykh korotkykh zamykan* [The Protection System of Branched Three-Phase Electrical Chains by Remote Short-Circuit Current], Pat. 81981 Ukraine, *Promyslova vlasnist*, vol. 4, Kyiv, Ukraine.

2. Sereda, O.G. and Kobozev, O.S. (2013), «Overcurrent protection sensitivity increase to the remote short circuit currents», *Electrotechnic and Computer Systems*, vol. 9, no. 85, pp. 57–64.

3. Kobozev, O.S. and Sereda, O.G. (2013), *Sposib shvydkodiyuchogo maksimalnogo strumovogo zahystu z vysokoyu chutlyvistyuu do strumiv viddalenykh korotkykh zamykan* [Fast overcurrent protection method with high sensitivity to remote short-circuits currents], Pat. 101084 Ukraine, *Promyslova vlasnist*, Vol. 4, Kyiv, Ukraine.

4. Belyaev, A.V. and Edlin, M.A. (2002), «Protection and circuit breakers failure remote backup in networks 0,4 kV», *Power Plants*, vol. 12, pp. 51–55.

5. Belyaev, A.V. (2008), *Vybor apparatury, zaschit i kabelei v setyah 0,4 kV* [Selection of equipment, pro-

tection and cable in the networks 0,4 kV], Petersburg Power Engineering Institute of Professional Development, Saint-Petersburg, Russia.

6. Electrical network protection. Sepam series 20/40/60/80 digital protection relays. (2013), Schneider Electric Catalogue.

7. Electrical network protection Sepam series 80. Protection, metering and control functions. (2013), Schneider Electric User's manual.

8. Soloviov, A.L. (2006), «Calculation method of Sepam protection settings», Technical collection Schneider Electric, vol. 3.

9. Rainin, V.E. and Kobozev, A.S. (2010), «Circuit breakers with new security features to improve the electric low-voltage networks protection quality», *Russian Electrical Engineering*, vol. 11, pp. 18–24.

10. Soskov, A.G. and Kobozev, A.S. (2010) «The modernization of the system of protection of the city electric networks 0,4 kV through the use of microprocessor technology in trips breakers», *Light and Power Engineering*, vol. 2, pp. 53–63.

Стаття надійшла 10.09.2013.

