

УДК 621.316.925

Е.В. ЧОРНОУС

Государственное высшее учебное заведение
«Донецкий национальный технический университет»
EMiTOE@yandex.ua

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕННОЙ ФАЗЫ В СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ ПРИ НАЛИЧИИ ВЫСШИХ ГАРМОНИК В СОСТАВЕ ПОТЕНЦИАЛА НЕЙТРАЛИ

Исследована устойчивость работы алгоритма определения поврежденной фазы в сети с изолированной нейтралью в условиях воздействия высших гармонических составляющих, которые находятся или могут находиться в составе потенциала нейтрали.

Изолированная нейтраль, определение поврежденной фазы, быстродействующий алгоритм, высшие гармоники, потенциал нейтрали.

В [1, 2] предложен быстродействующий алгоритм выбора (идентификации) поврежденной фазы в сети с изолированной нейтралью, заключающийся в определении аргумента (начальной фазы) ψ потенциала нейтрали по двум его смежным мгновенным значениям $u_N(t_1)$ и $u_N(t_2)$, разница по фазе между которыми $\Delta\omega t$ фиксирована и находится в пределах от 10 до 15 градусов (при частоте сети 50 Гц). По своей сути задача сводится к решению системы уравнений:

$$u_N(t_1) = U_{N\max} \cdot \sin(\omega \cdot t_1 + \psi), \quad (1)$$

$$u_N(t_2) = U_{N\max} \cdot \sin(\omega t_1 + \Delta\omega t + \psi), \quad (2)$$

где $U_{N\max}$ – амплитуда потенциала нейтрали (относительно “земли”).

Определяемые таким образом значения аргумента ψ , являясь промежуточными, следуют друг за другом с частотой от 0.9 до 1.8 кГц и сопоставляются с опорными значениями, свойственными утечке в конкретной из фаз сети.

Требования к устройству выбора фазы (УВФ) достаточно жесткие и, в определенной мере, противоречивые [3]. С одной стороны вероятное пребывание человека под фазным напряжением требует максимального быстродействия. С другой стороны, ошибочное определение поврежденной фазы при еще не отключенной сети может привести к развитию аварийной ситуации, несовместимой с требованиями электробезопасности [4].

Цель данной работы заключается в оценке работоспособности предложенного алгоритма в условиях интенсивного воздействия высших гармонических составляющих, которые находятся или могут находиться в составе потенциала нейтрали.

Предварительный анализ показывает, что гармоники, генерируемые нелинейностями сети и образующие нулевую последовательность, токов не создают, и потому в сигнале, подаваемом на УВФ, отсутствуют. Однако, если они генерируются вне основной сети (компенсирующим дросселем, например), то, замыкаясь через сеть (а также через тело человека или сопротивление утечки), они оказываются в составе сигнала, пропорционального потенциалу нейтрали.

Методика исследования заключается в следующем. Мгновенные значения синусоидального напряжения, пропорционального основной гармонике потенциала нейтрали и искаженного высшими гармониками, с интервалом в 10^0 (≈ 0.5 мс) подавались на математическую модель УВФ. Последняя, используя каждую пару данных, определяет расчетные значения аргумента ψ_p , представляющие совокупность промежуточных результатов и несущие в себе весь груз помех и искажений, вносимых высшими гармониками. По своей сути исследование заключается в сопоставлении фактического значения аргумента ψ_f , полученного из “чистой” синусоиды, и расчетного ψ_p , разница между которыми является абсолютной погрешностью работы алгоритма для каждого из значений ψ_p . Кроме того, моделью УВФ вычислялось среднее значение серии промежуточных результатов, по которым, собственно и принимается окончательное решение.

Основные результаты. На рис. 1 приведены результаты исследования величины абсолютной погрешности, вносимой одновременно тремя высшими гармоническими составляющими, амплитуды которых одинаковы и составляют 5 % от основной. В приведенном опыте максимальное отклонение (абсолютная ошибка) в получении отдельных промежуточных результатов достигает 24^0 , что в общем то приемлемо для нормального функционирования УВФ. Если же взять среднее значение промежуточных результатов, по которому и принимается окончательное решение, то его абсолютная погрешность уже через четверть периода (4.5 миллисекунды) становится близкой к нулю. Последнее очень важно для ситуации, когда наличие высших гармоник становится более весомым, особенно при наличии в сети преобразователей частоты.

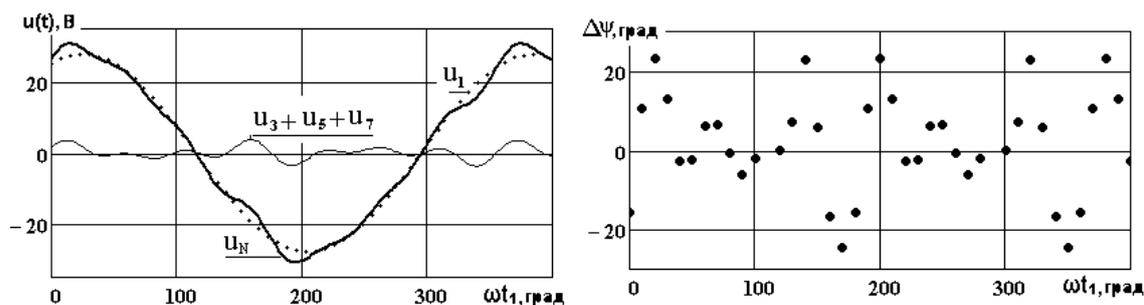


Рисунок 1 - Исследование погрешности $\Delta\psi$ в определении аргумента потенциала нейтрали, вносимой при одновременном действии третьей, пятой и седьмой гармонических составляющих. А - графики потенциала нейтрали и его составляющих. Б - отклонения промежуточных значений аргумента, обусловленное возмущением высших гармоник. Условия опыта: каждая из высших гармоник по амплитуде составляет 5% от основной.

Рассмотрим численный эксперимент для более неблагоприятной для УВФ ситуации, когда кривая потенциала нейтрали искажена одновременным воздействием четырех наиболее влиятельных гармонических составляющих: пятой, седьмой, одиннадцатой и тринадцатой, причем, каждая из них по амплитуде составляет 10 % от основной гармоники (рис. 2.). По отношению к реальной сети, в которой отсутствуют нелинейные звенья большой мощности, подобная ситуация представляется завышенной. Однако, во-первых, нельзя полностью исключить влияние, например, мощных преобразователей частоты в соседней сети, во-вторых, имеется необходимость в оценке запаса статической устойчивости предложенного способа и алгоритма его реализации в условиях завышенного уровня высших гармонических составляющих.

На рис. 2А приведены кривые мгновенных значений: 1 – потенциал нейтрали, 2 – первая гармоническая составляющая, 3 – сумма всех высших гармоник. Обращает на себя внимание существенное искажение кривой потенциала нейтрали. В отдельных точках точек суммарные пики высших гармоник достигают 40 % от основной. Создается впечатление, что работать с этой кривой невозможно.

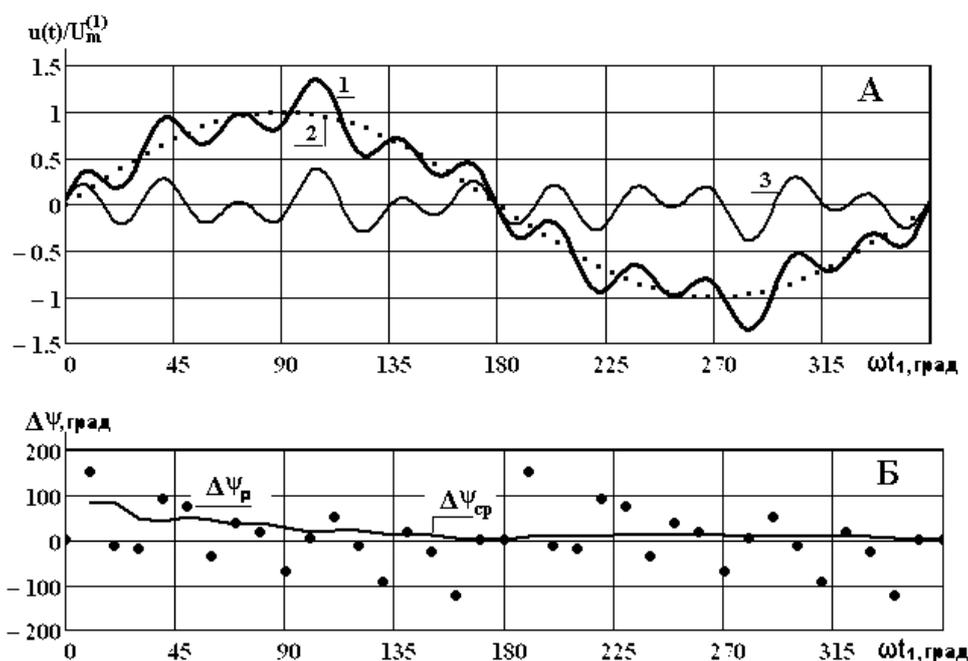


Рисунок 2. Исследование абсолютной и средней погрешности $\Delta\psi$ в определении аргумента потенциала нейтрали, вносимой при одновременном действии пятой, седьмой, одиннадцатой и тринадцатой гармонических составляющих, каждая из которых по амплитуде составляет 10% от основной. А - графики мгновенных значений НН: 1 - результирующая кривая; 2 - первая гармоника, 3 - сумма высших гармоник.

Б - погрешности расчетных значений аргумента НН; $\Delta\psi_p$ - абсолютная погрешность одного результата; $\Delta\psi_{cp}$ - средняя погрешность серии результатов.

На рис. 2 Б приведені абсолютні (в градусах) погрешності в определении промежуточных результатов $\Delta\psi_p$, состоящие в разности между значениями аргумента, полученными роботующим алгоритмом УВФ, и аргументом первой гармонической составляющей. Там же приведено среднее значение промежуточных результатов $\Delta\psi_{cp}$, определяемое с начала работы алгоритма до текущего момента времени.

Несмотря на сильное искажение потенциала нейтрали, вносимое высшими гармониками, алгоритм УВФ “добросовестно” отработал все 36 промежуточных результатов, следующих друг за другом через каждые 10 градусов. При этом вносимые абсолютные погрешности превышают все “разумные” пределы. Некоторые из них достигают 160° . Тем не менее, среднее значение абсолютной ошибки уже через 2...2.5 мілісекунди з моменту включення алгоритму в роботу знижається до “разумных” пределов, а в дальнейшем колеблется в непосредственной близости к нулю (рис. 2Б).

Вывод: Выполненное исследование показывает, что наличие высших гармоник в составе потенциала нейтрали даже в завышенном по сравнению с обычной (не содержащей преобразователей частоты) сетью не приводит к срывам в работе УВФ по предложенному способу. Серия промежуточных результатов дает безошибочную информацию о фазе, в которой возникла утечка, однако для повышения надежности в ее определении конечное решение должно приниматься по среднему значению серии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черноус Е.В. Об альтернативном варианте защиты шахтной участковой сети от однофазной утечки / Черноус Е.В. // Электричество. – 2009. – №8. – С.33-36.
2. Патент UA на корисну модель № 51307, Україна, МПК H02H 3/16, G01R 31/08. Спосіб визначення пошкодженої фази з витоком на землю в електричній мережі з ізольованою нейтраллю / Черноус Е.В. – u201000703. – Опубл. 12.07.2010, бюл. № 13.
3. Шуцкий В.И. Защитное шунтирование однофазных повреждений электроустановок / Шуцкий В.И., Жидков В.О., Ильин Ю.Н. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 152 с.
4. Черноус Е.В. Моделирование режима заземляющего контура при двухфазном замыкании шахтной участковой сети в разнесенных точках / Черноус Е.В. // Донбас-2020: наука і техніка – виробництву: Матеріали II науково-практичної конференції. м. Донецьк, 03-04 лютого 2004 р. – Донецьк, ДонНТУ, 2004. – С. 353-357.

Надійшла до редколегії 29.03.2011

Рецензент: Ю.Л.Сасенко

Є.В. ЧОРНОУС

Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет»

Визначення пошкодженої фази в мережі з ізольованою нейтраллю за наявності вищих гармонік у складі потенціалу нейтралі. Досліджено стійкість роботи алгоритму визначення пошкодженої фази в мережі з ізольованою нейтраллю в умовах впливу вищих гармонічних складових, які перебувають або можуть перебувати у складі потенціалу нейтралі.

Ізольована нейтраль, визначення пошкодженої фази, швидкодійний алгоритм, вищі гармоніки, потенціал нейтралі.

E. CHORNOUS

State Institution of Higher Education
«Donetsk National Technical University»

Determination of the Faulted Phase in a Network with Isolated Neutral in the Presence of Higher Harmonics in the Neutral Potential. The stability of the algorithm determining the faulted phase in a network with isolated neutral under the influence of higher harmonic components, which are or may be located in the building neutral.

Isolated neutral, the definition of the faulted phase, a fast algorithm higher harmonics, the potential of the neutral