

УДК 621.316.925

Н.В.ГРЕБЧЕНКО¹ (д-р техн. наук, проф.), **А.В. КОЖУХАРЬ²**, **О.В. ДЕМЧЕНКО²**¹ Государственное высшее учебное заведение

«Донецкий национальный технический университет»

² ДТЭК Донецкоблэнергоdecan@elf.dgtu.donetsk.ua

ЗАЩИТА ОТ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В СЕТЯХ С КАБЕЛЯМИ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Предложена новая последовательность взаимодействия защиты от замыканий на землю и средств диагностирования. Для повышения чувствительности защиты и средств диагностирования в трансформаторах тока нулевой последовательности используется дополнительная магнитодвижущая сила, создаваемая источником напряжения нулевой последовательности или источником рабочих фазных и линейных напряжений. Направленность действия защиты обеспечивается путем контроля направления мощности нулевой последовательности, а также за счет обмена информацией между комплектами защит с двух сторон линии.

Ключевые слова: кабель, сшитый полиэтилен, защита от замыканий на землю, чувствительность, селективность, диагностирование, трансформатор тока нулевой последовательности.

Введение. Независимо от номинального напряжения электрической сети и режима ее нейтрали наиболее частым видом повреждения является замыкание одной фазы на землю. Однако опасность такого замыкания для электрооборудования в значительной степени определяется режимом работы нейтрали. Непосредственное соединение нейтрали с землей существенно ограничивает зону сети, на которую влияют перенапряжения при однофазных замыканиях. Вместе с тем, большое количество потребителей на напряжении 6-35 кВ продолжают работать с изолированной нейтралью. При таком режиме нейтрали перенапряжения воздействуют на все электрически связанное оборудование. Следует отметить, что перенапряжения возникают не только в случае замыкания фазы на землю, но и во всех случаях нормальных оперативных включений и отключений элементов сети.

Давно назрела необходимость перевода изолированной нейтрали сетей 6-35 кВ на нейтраль, соединенную непосредственно с землей, или выполнять соединение нейтрали с землей через комплексное сопротивление [1]. Для новых объектов такое решение нужно считать единственно правильным. Для тех объектов, которые находятся длительное время в эксплуатации, соединение с землей нейтрали по целому ряду причин практически невозможно. А вот соединение через сопротивления допустимо, но требует капитальных затрат на:

- установку специальных трансформаторов для формирования нейтрали сети;
- установку сопротивлений для соединения с землей;
- модернизацию релейной защиты элементов сети.

Особое место занимают потребители, у которых электрооборудование обновляется постепенно. Например, выполняется замена кабелей с бумажно-масляной изоляцией на кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена. По требованию завода-изготовителя кабелей однофазные замыкания в такой сети должны отключаться. В связи с этим возникает необходимость обеспечения чувствительности и селективности существующих защит от замыканий на землю.

В связи с изложенным поставлена **задача** - разработка путей совершенствования защит от замыканий на землю для выполнения требований чувствительности и селективности во всех режимах работы потребителей с кабелями из сшитого полиэтилена, в том числе и при минимальных значениях токов однофазных замыканий, а также разработка.

Традиционный путь обеспечения селективности действия токовой защиты нулевой последовательности (ТЗНП) путем определения присоединения с максимальным током в сложных сетях реализовать почти невозможно. Разветвленность сети внутреннего электроснабжения требует определения места замыкания на участках, состоящих из нескольких последовательно включенных линий.

В защитах ТЗНП нашли широкое применение трансформаторы тока нулевой последовательности (ТТНП) кабельного типа. Основным достоинством этих трансформаторов является то, что они имеют малые значения токов небаланса по сравнению с трехтрансформаторными фильтрами. К недостаткам ТТНП нужно отнести, в первую очередь, незначительный сигнал. Этот недостаток совместно с тем, что часто собственный емкостный ток линии незначительно отличается от суммарного емкостного тока сети, приводит к проблеме обеспечения селективности и чувствительности ТЗНП.

К основным отличительным особенностям кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена относятся [2, 3]:

- на напряжении 6-10 кВ кабель выполняется однофазным, что усложняет применение кабельных трансформаторов тока нулевой последовательности (ТТНП);

© Гребченко Н.В., Кожухарь А.В., Демченко О.В., 2013

- по экрану кабеля в рабочем режиме протекают токи, значение которых соизмеримо с рабочим током, поэтому применяются различные схемы соединения экранов с землей.

На рис. 1 в качестве примера приведена схема электроснабжения промышленного предприятия, в которой используются кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена.

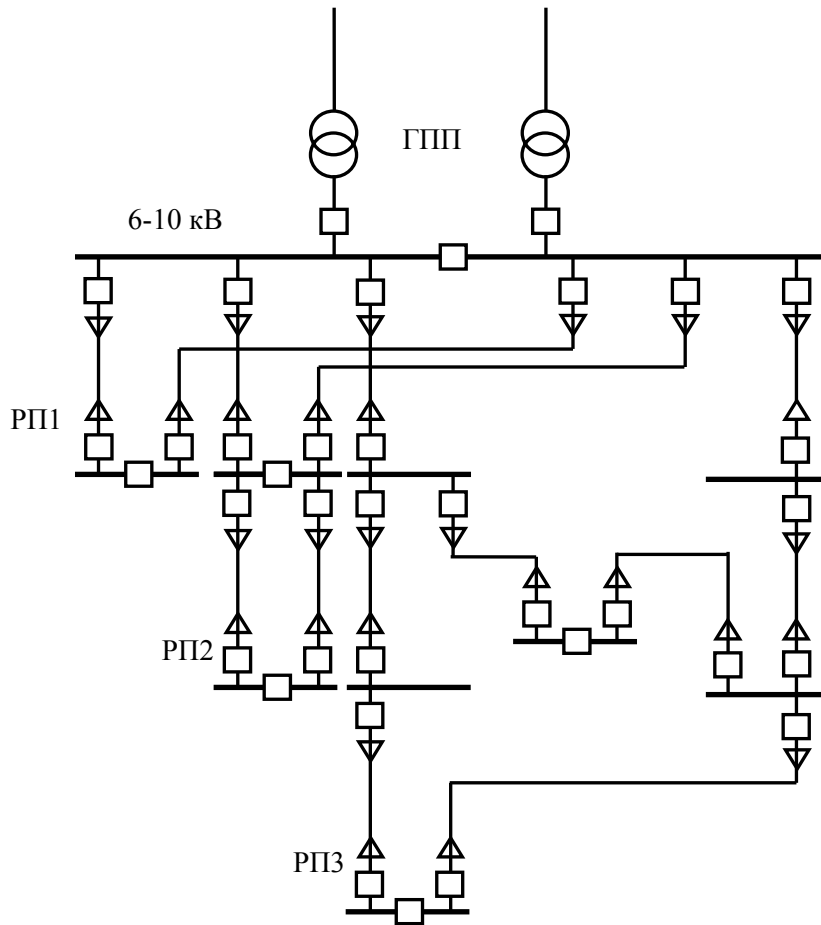


Рисунок 1 - Схема электроснабжения промышленного предприятия, в которой используются кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена

Анализ схемы (рис.1) показывает, что для обеспечения селективности защиты от однофазных замыканий на землю необходимо применение защит, обладающих абсолютной селективностью. В этом случае возможно отключение замыканий на землю без выдержки времени.

Замыкания на землю через небольшое переходное сопротивление (несколько Ом) сопровождаются возникновением напряжения нулевой последовательности, значения которого достаточно контроля направления мощности. Поэтому для обеспечения селективности действия защит, установленных на присоединениях главной понизительной подстанции (ГПП), достаточно их выполнить направленными. Для этого защита, например в микропроцессорном комплекте типа МРЗС, должна контролировать направление мощности нулевой последовательности. В этом случае отстройка тока срабатывания выполняется от максимального значения тока небаланса, что приводит к повышению чувствительности защиты. На тех присоединениях, чувствительность защит которых не обеспечивается, использование в ТТНП дополнительной магнитодвижущей силы.

Таким образом, на линиях, питающих распределительный пункт (РП) РП1 могут быть установлены обычные направленные мгновенные защиты от замыканий на землю. При необходимости повышения чувствительности в ТТНП этих защит необходимо использовать дополнительную магнитодвижущую силу (м.д.с.) [4]. Если в защите используются ТТНП типа ТЗЛК-05.1, то дополнительная м.д.с. создается путем подачи дополнительного тока в обмотки, предусмотренные для проверки действия защит. Для других типов ТТНП, у которых нет таких обмоток, они дополнительно наматываются с числом 5-10 витков. Кроме того, повышение чувствительности получается за счет компенсации собственного емкостного тока [5].

Другая группа РП питается по последовательно включенным линиям (рис.1). Поэтому для защит без выдержки времени, устанавливаемых на линиях, которые питают РП2 и РП3, для обеспечения селективности недостаточно направленности действия. На рис.2 представлен вариант реализации направленной защиты от замыканий на землю, в котором благодаря обмену информацией по интерфейсу RS-485 (или по другому каналу

связи) о срабатывании или несрабатывании комплектов защит $AK1$ и $AK2$ по концам линии W , обеспечивается абсолютная селективность.

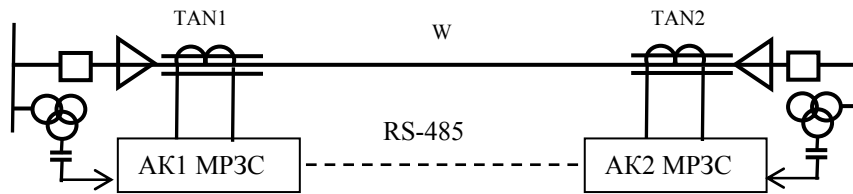


Рисунок 2 - Направленная защита от замыканий на землю с абсолютной селективностью

Разработанный вариант чувствительной защиты от замыканий на землю, совмещенной с диагностированием кабеля, приведен на рис. 3. Вариант реализован на микропроцессорном комплекте защит AK типа МРЗС. Основной алгоритм работы этого устройства защиты и диагностики присоединения ГПП или РП:

- защита от замыканий на землю постоянно находится в активном состоянии (в постоянной готовности к действию без выдержки времени), к входу комплекта AK через емкость C подключен выход фильтра напряжения нулевой последовательности (обмотки измерительного трансформатора TV , соединенные в разомкнутый треугольник);

- функция диагностирования не активна; она становится активной один раз в сутки в результате срабатывания реле времени, в результате чего через AK и коммутатор подаются необходимые векторы токов в дополнительную обмотку $W_{доп}$, выходные значения токов ТТНП записываются в память персонального компьютера.

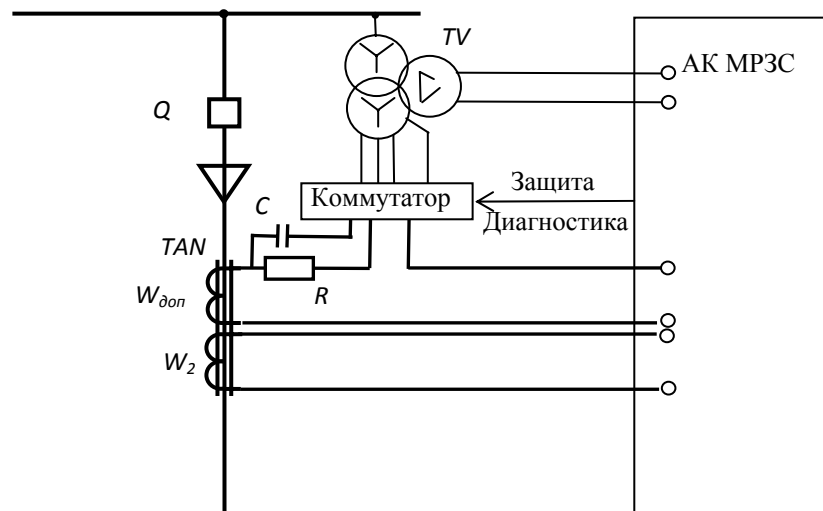


Рисунок 3 - Чувствительная защита от замыканий на землю, которая совмещена с устройством диагностирования

В режиме диагностирования на время измерения к дополнительной обмотке $W_{доп}$ через резистор R поочередно подключаются фазные и линейные напряжения от TV (рис. 3). Благодаря этому выполняется избирательное повышение чувствительности к токам, которые протекают через изоляцию заданных фаз кабеля. Например, при подключении фазного напряжения U_A (рис. 4) повышается чувствительность к активной составляющей вектора тока через изоляцию фазы A . В этом случае выходной ток ТТНП:

$$\left[(\dot{I}_{И.а.А} + \dot{I}_{доп}) + j \cdot \dot{I}_{И.р.А} \right] + \dot{I}_{И.В} + \dot{I}_{И.С} = 3\dot{I}_0$$

При подключении линейного напряжения U_{BC} , повышается чувствительность к реактивной составляющей вектора тока через изоляцию фазы A . Выходной ток ТТНП:

$$\left[\dot{I}_{И.а.А} + j \cdot (\dot{I}_{И.р.А} + \dot{I}_{доп}) \right] + \dot{I}_{И.В} + \dot{I}_{И.С} = 3\dot{I}_0$$

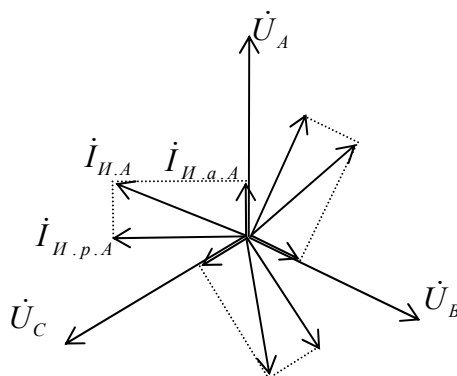


Рисунок 4 - Векторная диаграмма токов, протекающих через изоляцию фаз кабеля

Выводы. 1. Для повышения надежности работы потребителей 6-10 кВ с кабелями с изоляцией из сшитого полиэтилена предложен новый способ реализации чувствительной защиты от замыканий на землю, которая совмещается с устройством диагностирования. Защита и устройство диагностирования основаны на использовании дополнительной магнитодвижущей силы в кабельных трансформаторах тока нулевой последовательности. В отличие от известного решения защита от замыканий на землю выполняется без выдержки времени, а для диагностирования выполняется измерение и запись значения вектора тока нулевой последовательности один раз в заданный промежуток времени (например, в сутки).

2. Чувствительность и селективность защиты от замыканий на землю обеспечивается за счет:

- перемещения рабочей точки ТТНП на более крутой участок характеристики намагничивания его магнитопровода;
- компенсации собственного емкостного тока присоединения, благодаря чему становится возможным отстройка тока срабатывания только от значения тока небаланса;
- направленности действия путем контроля направления мощности нулевой последовательности;
- ограничения зоны действия путем обмена информацией по интерфейсу RS-485 между комплектами защиты, установленными с двух сторон кабельной линии.

3. Лабораторные исследования основных принципов совмещенных защитно-диагностирующих средств подтверждают их высокую техническую эффективность.

4. Требуется проведение дополнительных исследований для определения параметров в цепи напряжения нулевой последовательности, обеспечивающих компенсацию собственного емкостного тока одновременно всех присоединений без превышения допустимой нагрузки на измерительные трансформаторы напряжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способы заземления нейтрали электрических сетей 3-35 кВ / Б.С.Стогний, В.В.Масляник, В.В.Назаров и др. / Энергетика и Электрификация.- 2002.- № 2. – С. 23-27.
2. Филиппов М.М. Схемы соединения экранов высоковольтных кабельных линий/ ЭЛЕКТРО.- 2008.- №1. – С. 42-44.
3. Ильиных М.В., Сарин Л.И., Ширковец А.И. Анализ повреждений кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена в сети 35 кВ металлургического завода. Повышение надежности и эффективности эксплуатации электрических станций и энергетических систем. Москва. Издательский дом МЭИ. 2010. Том 2.- С. 101-103.
4. Пат. 69915 Україна. МКИ H02H 3/16, G01N 27/00. Спосіб централізованого напрямного захисту мережі змінного струму з визначенням пошкоджених приєднання і фази приєднання / Гребченко М.В. (Україна) ДонНТУ.- № 20031211640; Заявл. 16.12.2003; Опубл. 15.06.2005. Бюл.№6. – 5 с.
5. Беркович М.А., Молчанов В.В., Семенов В.А. Основы техники релейной защиты. М.: Энергоатомиздат. – 1984.- 376 с.

REFERENCES

1. Methods of neutral grounding of electrical networks 3-35 kV / B.S.Stogny, V.V.Maslyanik, etc. V.V.Nazarov / Energy and Electrification.- 2002.- № 2. – P. 23-27.
2. Filippov M.M. Connection schemes high voltage cables screens / ELECTRO. - 2008.- №1. – P. 42-44.
3. Ilyin M.V., Sarin, L.I., Shirkovets A.I. Analysis of damage to XLPE insulated cable 35 kV in metallurgical plant. Improving the reliability and efficiency of operation of power plants and power systems. Moscow. Publishing house MEI. 2010. Vol. 2.- P. 101-103.

4. Ukraine Patent 69915. МКИ H02H 3/16, G01N 27/00. The method of centralized directing protect the AC with the definition of damaged accession and accession phase / Grebchenko MV (Ukraine) Donetsk National Technical University- № 20031211640; Zajavl. 16.12.2003; Opubl. 15.06.2005. Вју.№6. – 5 p.

5. Berkowitz M.A., Molchanov V.V., Semenov V.A. Fundamentals of relay protection technics. М.: Energoatomizdat.– 1984.- 376 p.

Надійшла до редакції 20.04.2013

Рецензент: В.Ф. Сивокобиленко

М.В.ГРЕБЧЕНКО¹, О.В. КОЖУХАРЬ², О.В. ДЕМЧЕНКО²

¹ Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»

² ДТЭК Донецькобленерго

Захист від замикань на землю у мережах із кабелями з ізоляцією з шитого поліетилену. Запропонована нова послідовність спільної роботи захисту від замикань на землю та засобів діагностування для систем електропостачання, у яких використовуються кабелі з ізоляцією із шитого поліетилену. Для підвищення чутливості захисту та засобів діагностування в трансформаторах струму нульової послідовності використовується додаткова магніторушійна сила, що створюється джерелом напруги нульової послідовності або джерелом робочих фазних та лінійних напруг. Додатково струм спрацьовування знижується завдяки компенсації власного ємнісного струму лінії, що захищається. Селективність дії захисту забезпечується за рахунок її спрямованості шляхом контролю напрямку потужності нульової послідовності. На послідовно ввімкнених лініях для забезпечення абсолютної селективності виконується обмін інформацією за допомогою каналу зв'язку між комплектами захистів, що розташовані з двох сторін лінії. Діагностування електрообладнання виконується один раз на добу без його вимикання. При необхідності система може надавати інформацію про конкретну фазу, у якій виник локальний дефект ізоляції.

N. GREBCHENKO¹, A. KOZHUKHAR², O. DEMCHENKO²

¹ State Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University"

² Donetsk Fuel Energy Company DONETSKOBLENERGO

Protection against Short-Circuits in Networks with Cables with XLPE Insulation. The new sequence of interaction of protection against short circuits on the earth and diagnostics tools for electro supply systems in which cables with isolation from the sewed polyethylene are used is offered. For increase of sensitivity of protection and diagnostics tools in transformers of a current of zero sequence the force created by a source of pressure of zero sequence or a source of working phase and linear pressure is used additional m.m.s. In addition the operation current decreases thanks to indemnification of own capacitor current of a protected line. Selectivity of action of protection is provided at the expense of its orientation by the control of a direction of capacity of zero sequence. On consistently included lines for maintenance of absolute selectivity information interchange between complete sets of protection from two parties of a line is realized on a communication channel. Electric equipment diagnosing is carried out without its switching-off once a day. If necessary the system can give the information on a concrete phase in which there was a local defect of isolation. It is offered to carry out selective increase of sensitivity of diagnostics tools to an active component of a vector of a current through isolation and separately - to a jet component of this current.