

Лекция № 3 Алгоритмы определения места повреждения основанные на регистрации бегущих волн

Цель: Показать суть метода бегущих волн или волнового метода при решении задачи ОМП.

Список литературы обязательной:

Г.В.Зевеке и др. Основы теории цепей. М.: Энергоатомиздат, 1989, Гл.21, с.365-384.

Список литературы дополнительной:

23) L.V. Bewley, "Traveling waves on transmission systems", Wiley, New York, 1951.

24) P.F. Gale, P.A. Crossley, B. Xu, Y. Ge, B.J. Cory, J.R.G. Barker, "Fault location based on travelling waves", Fifth International Conference on Developments in Power System Protection, 1993, pp. 54 - 59.

25) R.E. Wilson, "Uses of precise time and frequency in power systems", Dept. of Eng., Idaho Univ., Moscow, ID; Proceedings of the IEEE Publication, Vol. 79, 7, July 1991.

26) Z.Q. Bo, G. Weller, F. Jiang, Q.X. Yang, "Application of GPS based fault location scheme for distribution system", International Conference on Power System Technology, POWERCON'98., 18 - 21 Aug. 1998 Vol. 1, pp. 53 - 57.

27) Power System Relaying Committee IEEE Std C37.114-2004, "IEEE Guide for Determining Fault Location on AC Transmission and Distribution Lines", 2005, E-ISBN: 0-7381-4654-4.

28) D. A. Douglass, "Current transformer accuracy with asymmetric and high frequency fault current", IEEE Trans-PAS, Vol. 100, 3, March 1981.

29) A.M. Elhaffar, "Power transmission line fault location based on current traveling waves", D.Dissertation, Helsinki University of Technology, 2008.

30). Y. G. Paithankar and M. T.Sant, “A new algorithm for relaying and fault location based on auto-correlation of travelling waves”, Electric Power Systems Research, Vol. 8, 2, March 1985, pp. 179 - 185.

31) X. Dong, Y. Ge, B. Xu, “Fault position relay based on current traveling waves and wavelets”, IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, 2000, Vol. 3, 23 - 27 Jan. 2000, pp. 1997 - 2004.

План лекции:

1. Основные метод определения места повреждения основанные на теории бегущих волн.

2. Преимущества и недостатки использования бегущих волн тока и напряжения.

3. Алгоритмы используемые при вычислении интервалов времени при использовании метода бегущих волн.

Принципиально другими являются способы определения места однофазного замыкания на землю на основе регистрации бегущих волн. При аварии на линии электропередачи напряжение в аварийной точке резко уменьшается до малого значения. Это внезапное изменение генерирует высокочастотный электромагнитный импульс, названный бегущей волной. Бегущие волны распространяются от места повреждения в обоих направлениях по линии электропередач, примерно, со скоростью света. Зафиксированный сигнал от измерительных трансформаторов должен быть отфильтрован и проанализирован с использованием различных инструментальных средств обработки сигналов. Далее отфильтрованный сигнал используется для определения места повреждения. Для этого измеряют величину, полярность, фазу, и время запаздывания зарегистрированной волны.

Рассмотрим основные методы определения места повреждения, основанные на теории бегущих волн в высоковольтных линиях электропередачи [23].

Алгоритмы ОМП по регистрациям бегущих волн (РБВ) в ЛЭП классифицируются на несколько типов - А, В, С, D, и Е [24].

Тип А, односторонний пассивный метод, который использует переходный процесс от БВ, зафиксированный только в одном конце ЛЭП и предполагает, что шины подстанции представляют достаточно большую неоднородность с малым импедансом, которая вынуждает часть падающей энергии БВ отражаться назад в поврежденную линию, где она будет повторно отражена от места повреждения. Место повреждения при переотражении порождает две БВ, которые распространяются в противоположные стороны. Ионизированная дуга в месте повреждения существует достаточно время, чтобы своим малым переходным сопротивлением служить отражающей неоднородностью для многократно переотраженных от концов линии и дуги БВ. В месте регистрации БВ интервал времени между первыми двумя последовательными импульсами БВ пропорционален расстоянию от места повреждения до шин подстанции. Практически, конечное сопротивление дуги в месте повреждения, не вызывает полного переотражения энергии БВ, достигшей места повреждения, и некоторая часть энергии БВ пройдет через место повреждения в противоположный конец ЛЭП. В этих условиях переходные процессы будут более сложными и могут потребовать более тщательного анализа для идентификации истинных импульсов. Сложности обработки также возникают, если дуга в месте повреждения гаснет преждевременно. Многократно сложность обработки сигналов возрастает в ситуациях, когда есть множественные пути, по которым могут распространяться импульсы, особенно если они расположены в интервале между местом повреждения и местом регистрации. Типичным примером таких линий являются распределительные линии напряжением 6-35кВ.

Тип В - пассивный двухсторонний метод. Регистрация на ведущем конце ЛЭП БВ, сгенерированного в месте повреждения, используется для запуска таймера. Таймер останавливается сигналом, зафиксировавшим БВ на противоположном конце линии, который посылается на ведущий конец ЛЭП по телекоммуникационным каналам связи. Соответственно, место повреждения может быть вычислено, если длина линии известна.

Тип С - активный односторонний метод, который подразумевает посылку в линию аппаратно сгенерированного импульса при обнаружении аварии. Данный метод в литературе носит название метод импульсных рефлектограмм. Здесь также существуют трудности интерпретации результатов при наличии отпаек в ЛЭП (пример: распределительные сети).

Тип D - пассивный двухсторонний метод, в котором время прибытия БВ в оба конца ЛЭП определяется в единой шкале времени, синхронизированной с помощью GPS приемников. Последние обеспечивают погрешность синхронизации менее 1 мксек на всей поверхности земного шара независимо от погодных условий [25, 26]. Объединение полученной информации не обязательно должна быть мгновенной (как в типе В) и может использовать любые доступные сети связи и сбора данных [27].

Тип Е – односторонний метод, который использует переходные процессы в обесточенной ЛЭП, вызванные отключением высоковольтного выключателя. Этот метод подобен методу по типу С и был первоначально разработан, чтобы изучить распространение БВ по высоковольтным ЛЭП. Метод может использоваться для определения эффективной скорости распространения БВ и также как метод определения места расположения дефектных проводников, обладающих малым током утечки.

Большинство устройств ОМП по регистрации бегущих волн основано на регистрации бегущих волн напряжения (БВН), распространяющихся по ЛЭП. Видимо, это вызвано большей амплитудой БВН относительно бегущих волн тока (БВТ), и одинаковостью во всех точках сети. В тоже время полоса пропускания штатных трансформаторов тока (ТТ) составляет несколько

сотен килогерц [28], что превышает полосу пропускания штатных трансформаторов напряжения (ТН). В [29] рассматривается использование ТТ для регистрации БВ, когда измерительный ТТ с разъемным магнитопроводом устанавливается в цепь нагрузки штатного ТТ. Такой ТТ обладает малым воздушным промежутком в магнитопроводе, что приближает его частотные свойства к параметрам катушки Роговского. Указывается, что дисперсия БВТ меньше аналогичной величины для БВН.

Для вычисления интервала времени между последовательно принятыми БВ используются алгоритмы корреляционного анализа [30] и вейвлет-анализа [31]. Каждый из этих методов имеет свои сложности в использовании, однако, может быть применен для ОМП в распределительных сетях 6-35кВ.