

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ КАБЕЛЯ

Игнатчик В.И.

Научный руководитель - Мышковец Е.В.

Выбор метода определения места повреждения кабеля зависит от характера повреждения и переходного сопротивления в месте повреждения. Повреждения в трехфазных КЛ могут быть следующих видов: замыкание одной жилы на землю; замыкание двух или трех жил на землю либо двух или трех жил между собой; обрыв одной, двух или трех жил без заземления или заземлением как оборванных, так и необорванных жил; заплывающий пробой, проявляющийся в виде короткого замыкания (пробоя) при высоком напряжении, и исчезает (заплывает) при номинальном напряжении.

Характер повреждения определяют с помощью мегомметра. Для этого с обоих концов линии проверяют:

сопротивление изоляции каждой жилы кабеля по отношению к земле (фазная изоляция), сопротивление изоляции жил относительно друг друга (линейная изоляция); целостность токоведущих жил.

Во многих случаях для определения места повреждения кабеля необходимо, чтобы сопротивление в месте повреждения между жилами или между жилой и оболочкой было как можно меньше. Снижение этого переходного сопротивления до необходимого предела выполняют прожиганием изоляции кенотроном, генератором высокой частоты, трансформатором. Процесс прожигания протекает по-разному, в зависимости от характера повреждения и состояния кабеля. Обычно через 15-20 сек. сопротивление снижается до нескольких десятков Ом. При увлажненной изоляции процесс проходит более длительно, и сопротивление удается снизить только до 2000 – 3000 Ом. Процесс прожигания в муфтах проходит длительно, иногда несколько часов, причем сопротивление резко изменяется, то снижаясь, то снова возрастая, пока не установится процесс, и сопротивление не начнет снижаться.

При повреждении КЛ предварительно определяют зону повреждения (относительные методы), и после этого различными методами (абсолютные или картографические) уточняют на трассе непосредственно место повреждения. Для более точного определения зоны повреждения желательно выполнять с одного конца КЛ несколькими методами, если такая возможность отсутствует, более точный результат дает измерение одним методом с обоих концов кабеля.

Для определения зоны повреждения используют такие основные методы:

- a) импульсный метод;
- b) метод колебательного разряда;
- c) метод петли;
- d) емкостной метод.

Импульсный метод

Этот метод применяется для определения зоны повреждения кабеля в любых случаях, кроме заплывающего пробоя, при переходном сопротивлении до 150 Ом.

Метод основан на измерении интервала времени между моментами подачи зондирующего импульса переменного тока и приема отраженного импульса от места повреждения. Скорость распространения импульсов в кабельных линиях высокого и низкого напряжения величина постоянная и равна 160 м/мкс. Поэтому по времени пробега импульса до места повреждения и обратно определяют расстояние до точки повреждения кабеля.

$$L_x = N_x * V/2 = 80 T_x$$

Измерения производятся прибором рефлектометром РЕЙС-105Р. На экране прибора имеется линия масштабных отметок и линия импульсов. По форме отраженного импульса можно судить о характере повреждения. Отрицательное значение отраженный импульс имеет при коротких замыканиях и положительное при обрыве жил.

Метод колебательного разряда

Этот метод применяется при заплывающих пробоях кабелей. Для измерения на поврежденную жилу подается от кенотронной испытательной установки напряжение, которое плавно поднимается до напряжения пробоя. В момент пробоя в кабеле возникает разряд колебательного характера. Период колебаний определяет расстояние до точки повреждения, так как скорость электромагнитная волна распространяется в кабеле с постоянной скоростью. Измерение выполняется рефлектометром РЕЙС-105Р

Метод петли

Этот метод основан на измерении сопротивлений при помощи моста постоянного тока. Применение метода возможно при повреждении одной или двух жил кабеля и наличии одной здоровой жилы. При повреждении трех жил можно использовать жилу рядом проложенного кабеля. Для этого поврежденную жилу накоротко соединяют с целой с одной стороны кабеля, образуя петлю. К противоположным концам жил присоединяют регулируемые сопротивления моста. Равновесие моста будет при условии:

$$R1 / R2 = Lx / L + (L - Lx)$$

Так как сопротивление жилы прямо пропорционально ее длине, то

$$Lx = 2L * R1 / (R1 + R2), \text{ где}$$

$R1$ и $R2$ – регулируемые сопротивления моста, (Ом);

L – длина трассы; Lx – расстояние до точки повреждения, (м).

К недостаткам этого метода следует отнести большие затраты времени на измерение, меньшую точность измерения, необходимость установки закороток. Поэтому петлевой метод сейчас вытесняется импульсным методом и методом колебательного разряда.

Емкостный метод

Этот метод применяется для определения расстояния от конца линии до места обрыва одной или нескольких жил кабельной линии путем измерения емкости кабеля. Метод основан на измерении емкости оборванной жилы с помощью моста переменного или постоянного тока, так как емкость кабеля зависит от его длины:

а) Обрыв одной жилы в трехжильном кабеле;

б) Схема на постоянном токе: П – потенциометр, Сэт – эталонный конденсатор, $C1$ – емкость поврежденной жилы;

с) Схема на переменном токе.

При обрыве жилы кабеля без заземления измеряется емкость оборванной жилы с обоих концов. Считая, что длина кабеля делится пропорционально измеренным емкостям $C1$ и $C2$ имеем

$$C1 / Lx = C2 / L - Lx, \text{ где}$$

Lx – расстояние до места обрыва;

L – полная длина линии.

Тогда

$$Lx = D * C1 / (C1 + C2)$$

После определения зоны повреждения в этот район направляется оператор для определения места повреждения. Для этого используют акустический, индукционный или метод накладной рамки.

Акустический метод

Сущность акустического метода состоит в создании в месте повреждения искрового разряда и прослушивании на трассе вызванных этим разрядом звуковых колебаний, возникающих над местом повреждения. Этот метод применяют для обнаружения на трассе всех видов повреждения с условием, что в месте повреждения может быть создан электрический разряд. Для возникновения устойчивого искрового разряда необходимо, чтобы величина переходного сопротивления в месте повреждения превышала 40 Ом.

Слышимость звука с поверхности земли зависит от глубины залегания кабеля, плотности грунта, вида повреждения кабеля и мощности разрядного импульса. Глубина прослушивания колеблется в пределах от 1 до 5 м. Применение этого метода на открыто

проложенных кабелях, кабелях в каналах, туннелях не рекомендуется, так как из-за хорошего распространения звука по металлической оболочке кабеля можно допустить большую ошибку в определении места повреждения.

В качестве генератора импульсов применяется кенотрон с дополнительным включением в схему высоковольтных конденсаторов и шарового разрядника. Вместо конденсаторов можно использовать емкость неповрежденных жил кабеля. В качестве акустического датчика используют датчики пьеза – или электромагнитной системы, преобразующие механические колебания грунта в электрические сигналы, поступающие на вход усилителя звуковой частоты. Над местом повреждения сигнал наибольший. В качестве прибора можно использовать течетрассопоисковый комплект «ЛИДЕР».

Индукционный метод

Этот метод применяют для непосредственного отыскания на трассе кабеля мест повреждения при пробое изоляции жил между собой или на земле, обрыве с одновременным пробоем изоляции между жилами или на земле, для определения трассы и глубины залегания кабеля, для определения местоположения соединительных муфт.

Сущность метода заключается в фиксации с поверхности земли с помощью приемной рамки характера изменения электромагнитного поля над кабелем при пропускании по нему тока звуковой частоты (800 – 1200 Гц) от долей ампера до 20 А в зависимости от наличия помех и глубины залегания кабеля. ЭДС, наводимая в рамке зависит от токораспределения в кабеле и взаимного пространственного расположения рамки и кабеля. Зная характер изменения поля, можно при соответствующей ориентации рамки определить трассу и место повреждения кабеля. Более точные результаты получают при прохождении тока по цепи «жила – жила», для этого выжиганием однофазные замыкания переводят в двух и трехфазные или создают искусственную цепь «жила – оболочка кабеля», разземляя последнюю с двух сторон и подключая генератор к жиле и оболочке кабеля.

Силовые линии поля тока «жила – земля» представляют собой концентрические окружности, центром которых является ось кабеля. (после одиночного тока).

При использовании цепи «жила – жила» ток, идущий по прямому и обратному проводам, создает два концентрических магнитных поля, действующих в противоположных направлениях (поле пары токов). При расположении жил в горизонтальной плоскости результирующее поле на поверхности земли наибольшее, а при расположении жил в вертикальной плоскости – наименьшее. Поскольку кабели имеют скрутку жил, то в рамке, расположенной вертикально и перемещаемой вдоль трасс кабеля будут индуцироваться ЭДС, изменяющаяся от минимума при вертикальном расположении жил, до максимума при горизонтальном расположении жил.

При отыскании повреждения необходимо помнить, что сигнал за местом повреждения затухает на расстоянии не более половины шага. Используя этот метод определяют трассу кабеля, место расположения соединительных муфт по усилению звучания в телефоне из-за увеличенного расстояния между жилами, защитную металлическую трубу по резкому уменьшению уровня звука, так как труба является экраном и глубину прокладки кабеля. Для определения глубины прокладки кабеля сначала находят линию трассы кабеля и проводят черту. Затем, располагая ось рамки под углом 45 градусов к вертикальной плоскости, проходящей через ось кабеля, до момента отсутствия в рамке индуцированного ЭДС. Расстояние от этого места до трассы, отмеченной чертой, равно глубине залегания кабеля.

Метод накладной рамки

Этот метод применяют для непосредственного обнаружения места повреждения кабеля. Метод удобен при открытой прокладке кабеля; при прокладке в земле необходимо открыть несколько шурфов в зоне повреждения. Метод основан на том же принципе, что и индукционный. Генератор подключают к жиле и оболочке или между двумя жилами. На кабель накладывают рамку и поворачивают ее вокруг оси. До места повреждения будут прослушиваться два максимума и два минимума сигнала от поля пары токов. За местом

повреждения при вращении рамки будет прослушиваться монотонный сигнал, обусловленный магнитным полем одиночного тока.