

УДК 621.316.9.019

БАЛЛЬНО-ИНДЕКСНЫЙ МЕТОД ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ ЗАЩИТ ОТ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ

ВИШТИБЕЕВ А.В.

Новосибирский Государственный Технический Университет

В статье рассматривается метод балльно-индексной оценки для сравнения различных вариантов защит от замыканий на землю. Показаны преимущества метода. На основе метода произведено сравнение двух вариантов защит: токовой совместно с токовой направленной и централизованной.

Введение

В связи с существованием как минимум двух основных вариантов организации защиты от замыканий на землю (ОЗЗ) сетей 6-35 кВ, встает вопрос об их технико-экономической эффективности и выборе наиболее приемлемого варианта.

Вариант 1 – совместное использование токовой и токовой направленной защиты.

Вариант 2 – применение централизованной защиты.

Токовые и токовые направленные защиты

Токовые защиты реагируют на ток нулевой последовательности в защищаемом присоединении и срабатывают, когда ток в месте их включения превышает заданное значение. Токовые направленные защиты от ОЗЗ реагируют на направление или знак мощности нулевой последовательности в месте их включения. Для выполнения устройств направленной защиты от ОЗЗ могут использоваться значения токов и напряжений нулевой последовательности установившегося или переходного процесса.

Устройства токовой защиты, выполненные на использовании полного тока нулевой последовательности в месте установки защиты, могут неселективно срабатывать при перемежающихся дуговых замыканиях. Основное преимущество простой токовой защиты, реагирующей на полный ток ОЗЗ - относительная простота выполнения и обслуживания. Главный недостаток защиты - возможность неселективного срабатывания при внешних ОЗЗ от «бросков» собственных емкостных токов большой кратности, а также от токов небаланса, обусловленных токами нагрузки, запуском мощных электродвигателей и междуфазных КЗ. Если ток срабатывания защиты выбирать с учетом отстройки от переходных токов (как это должно быть), она может оказаться нечувствительной к ОЗЗ на защищаемом присоединении. Если отстройку защиты от собственных емкостных токов в переходном режиме осуществлять введением выдержки времени, защита окажется менее быстродействующей [1]. Наибольшими чувствительностью и быстродействием обладают токовые защиты, реагирующие на параметры переходного процесса ОЗЗ (броски токов нулевой последовательности). Однако, возможны отказы в работе, при повреждениях изоляции, не связанных с электрическим пробоем (обрыв, касание токоведущих частей транспортными средствами), и происходящих в тот момент, когда напряжение фазы равно или близко к нулю и при замыканиях через переходное сопротивление. В этом случае броски отсутствуют. С другой стороны, рассматриваемые защиты могут ложно срабатывать от коммутационных и индуцированных помех.

Устройства для защиты (УСОЗ), реагирующие на естественные высшие гармоники установившегося тока ОЗЗ, могут применяться при условии, что высшие

гармоники имеют стабильный состав и достаточно высокий уровень. Как показывают исследования ЖМИ под руководством И.В. Жежеленко и ИЭД АН УССР под руководством И.М. Сироты [2,3], при ОЗЗ через переходное сопротивление даже порядка нескольких Ом уровень высших гармоник резко уменьшается. Поэтому устройства данного класса могут применяться в основном для целей сигнализации ОЗНЗ в стационарных сетях, не связанных с питанием передвижных электроустановок. Общий недостаток серийно изготавливаемых УСОЗ, основанных на использовании действующих или амплитудных значений токов нулевой последовательности и токовых защит, реагирующих как на сумму, так и на отдельные высшие гармонические составляющие - возможность потери селективности при дуговых замыканиях [4]. Другой недостаток этих защит - недостаточная чувствительность при установке их на присоединениях с собственной емкостью, соизмеримой с суммарной емкостью сети, так как действующие и амплитудные значения основной и высших гармоник распределяются в сети пропорционально собственной емкости присоединений. Устройства защиты от ОЗНЗ, основанные на использовании наложенного тока не промышленной частоты и постоянного тока, имеют ряд преимуществ по сравнению с устройствами защиты, выполненными на других принципах. Основное преимущество - независимость обеспечения чувствительности и надежности функционирования защиты от режима работы нейтрали сети, от места замыкания на землю и от параметров сети и ее основных присоединений [3]. Необходимые селективность и чувствительность устройств сигнализации и защиты, работающих на наложенном токе, могут быть обеспечены при любых практически возможных значениях емкости всей сети и собственных емкостей защищаемых присоединений. Для исключения влияния наложенного тока на процесс гашения дуги величину наложенного тока рекомендуется принимать не более 5 А [3]. Наложённые токи применяют в основном для селективной сигнализации, при этом чаще всего используется ток с частотой 100 Гц. Недостатки защиты - необходимость наложения дополнительных токов и потеря селективности при дуговых замыканиях на землю. Использование постоянного наложенного тока позволяет обеспечивать необходимую чувствительность защиты при значительно большем переходном сопротивлении в месте повреждения (десятки кОм), чем при наложении переменного тока (несколько кОм).

Так как токовые направленные защиты не требуют отстройки от бросков собственных емкостных токов, их чувствительность получается гораздо выше, чем токовых защит от ОЗЗ, что расширяет область их применения. Однако, эти защиты могут надежно функционировать только при определенных фазовых и частотных соотношениях между подводимыми к реле напряжением и током нулевой последовательности [4]. Они могут неселективно срабатывать в режиме после отключения внешнего ОЗЗ и отказывать в срабатывании при дуговых ОЗЗ. Кроме того, для обслуживания направленных защит требуется квалифицированный персонал, большие трудовые затраты на настройку и наладку защитного оборудования. Из применяемых защит наилучшие показатели имеют защиты, работающие с использованием дополнительного активного тока.

Централизованные защиты от замыканий на землю

Централизованные защиты от ОЗЗ основаны на принципе сравнения токов нулевой последовательности поврежденного и неповрежденного присоединений. Могут сравниваться амплитудные, действующие, средние значения следующих токов: переходных, установившихся, высших гармонических составляющих, наложенных с частотой, отличной от промышленной. Обычно сравниваются не токи, а пропорциональные им напряжения.

Централизованные защиты обладают рядом важных достоинств: в отличие от индивидуальных токовых защит, они не требуют отстройки от бросков собственных

емкостных токов, что дает возможность создавать более чувствительные и селективные устройства. По сравнению с направленными, они более просты в наладке и требуют значительно меньших затрат на монтаж и эксплуатацию.

Однако, из-за низкой надежности, централизованные защиты в настоящее время не получили широкого практического применения.

Более подробно данные защиты рассмотрены в книге [5].

Для оценки эффективности двух вышеописанных вариантов защит предлагается метод балльно-индексной оценки этих защит.

Метод балльно-индексной оценки

Преимущество метода балльно-индексной оценки состоит в том, что он дает возможность соизмерить в сравниваемых вариантах большое число показателей, в том числе и тех, которые трудно поддаются денежной оценке.

Таким образом, метод балльно-индексной оценки позволяет дать более широкую, а отчасти и более глубокую оценку эффективности, чем, например, метод приведенных затрат, используемый при расчете годового экономического эффекта.

При использовании метода балльно-индексной оценки, прежде всего, экспертным путем устанавливается необходимый для анализа перечень показателей и оценка в баллах. Суммарная значимость всех показателей равна 100%. Максимальная оценка одного показателя принимается равной 10 баллам.

В результате более эффективным окажется тот вариант, который наберет большую сумму взвешенных баллов. Максимально возможная сумма взвешенных баллов – 1000.

Анализ сравниваемых вариантов защит приведен в табл. 1.

Таблица 1.

Балльно-индексный анализ экономической эффективности защит от ОЗЗ

Показатель	Индекс балло-значимости, %	Вариант 1		Вариант 2	
		Балл	Взвешенный балл	Балл	Взвешенный балл
Селективность	24	8	192	9	216
Чувствительность к однофазным замыканиям через переходное сопротивление	19	6	114	8	152
Нагружаемость трансформаторов тока нулевой последовательности	7	5	35	6	42
Требования к квалификации обслуживающего персонала	5	8	40	5	25
Стоимость оборудования	2	8	16	5	10
Ремонтопригодность	4	8	32	7	28
Наличие самоконтроля	1	7	7	8	8
Чувствительность к ОЗЗ на шинном мосту трансформатор-система шин	5	0	0	7	35
Помехоустойчивость	8	3	24	8	64
Наличие серийно	2	5	10	9	18

выпускаемых комплектующих					
Себестоимость изделия (защита)	14	9	126	3	42
Наличие опыта эксплуатации в России	3	4	12	3	9
Срок монтажа защиты	2	8	16	6	12
Возможность ввода в работу очередями	3	9	27	0	0
Итого	100		651		661

В результате расчета получили, что варианты практически равнозначны по своей эффективности.

Однако, если рассматривать те же варианты защит для сетей с резистивным заземлением нейтрали, что является наиболее перспективным и целесообразным [6], то для *Варианта 1* увеличатся баллы, в результате чего таблица приобретет следующий вид.

Таблица 2.

Балльно-индексный анализ экономической эффективности защит от ОЗЗ при резистивном заземлении нейтрали

Показатель	Индекс балло-значимости, %	Вариант 1		Вариант 2	
		Балл	Взвешенный балл	Балл	Взвешенный балл
Селективность	24	9	216	9	216
Чувствительность к однофазным замыканиям через переходное сопротивление	19	8	152	8	152
Нагружаемость трансформаторов тока нулевой последовательности	7	5	35	6	42
Требования к квалификации обслуживающего персонала	5	8	40	5	25
Стоимость оборудования	2	8	16	5	10
Ремонтопригодность	4	8	32	7	28
Наличие самоконтроля	1	8	8	8	8
Чувствительность к ОЗЗ на шинном мосту трансформатор-система шин	5	0	0	7	35
Помехоустойчивость	9	3	27	8	64
Наличие серийно выпускаемых комплектующих	2	9	18	9	18
Себестоимость изделия (защита)	14	9	126	3	42
Наличие опыта эксплуатации в России	3	6	18	3	9

Срок монтажа защиты	2	8	16	6	12
Возможность ввода в работу очередями	3	9	27	0	0
Итого	100		731		661

В данном случае видно, что предпочтительнее выглядит *Вариант 1*.

Выводы

Предложенный и рассмотренный на примере метод балльно-индексной оценки позволяет получить более точную оценку эффективности, чем, например, метод приведенных затрат. Отметим, что очень важно правильно распределить перечень показателей и оценки в баллах. Чтобы сделать это грамотно, необходимо обобщить весь опыт эксплуатации различных алгоритмов защит от ОЗЗ.

1. *Виштибеев А.В.* Зависимость параметров стационарного режима однофазного замыкания на землю от величины переходного сопротивления в воздушных сетях // Научно-технический журнал Национальной Академии Наук Азербайджана "Проблемы энергетики", №2, 2003. Баку, Изд-во "Элм". С. 35-42.
2. *Жежеленко И.В.* Высшие гармоники в системах электроснабжения. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 160 с.
3. *Сирота И.М.* Трансформаторы и фильтры напряжения и тока нулевой последовательности. Киев, Наукова думка, 1983.
4. *Дударев Л.Е.* Сопоставление основных принципов построения измерительных органов защит от замыканий на землю в сетях 6-35 кВ // Электрические станции, 1980, № 7, с. 50-53.
5. *Бухтояров В.Ф., Маврицын А.М.* Защита от замыканий на землю электростанций карьеров. М.: Недра, 1986. - 183 с.
6. *Виштибеев А.В.* О необходимости перевода электрических сетей 6-35 кВ на режим резистивного заземления нейтрали // Научно-технический журнал Национальной Академии Наук Азербайджана "Проблемы энергетики", №3, 2002. Баку, Изд-во "Элм". С. 17-24.

YERLƏ BİRLƏŞMƏDƏN MÜXTƏLİF MÜHAFİZƏ VARIANTLARININ EFFEKTİVLİYİNİ QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ ÜÇÜN BALL-İNDEKS METODU

VİŞTİBEYEV A.V.

Məqalədə yerlə birləşmədən müxtəlif mühafizə variantlarının müqaisəsi üçün ball indeks qiymətləndirilməsi metoduna baxılır. Metodun üstünlüyü göstərilmişdir. Metodun əsasında mühafizənin iki variantının müqaisəsi aparılmışdır

MARK-INDEX METHOD FOR RATE OF EFFICIENCY OF DIFFERENT VARIANTS OF PROTECTION AGAINST GROUND FAULTS

WISHTIBEEV A.V.

In the article the method of a mark-index rate or comparison different variants of protection against ground faults is considered. The advantages of a method are illustrated. On the basis of a method carry out two variants of protection is made: by current together with current directional and centralized.