

Влияние мощности анализируемого сигнала релейной защиты на устойчивость ее функционирования

Зинченко А. В., Черноусова Л. В., инженеры, Зинченко В. Ф., канд. техн. наук
Северо-Кавказская государственная гуманитарно-техническая академия, г. Черкесск

Рассмотрена вероятность ошибочной работы релейной защиты в системе электроснабжения промышленного предприятия. Показана необходимость более полного учета мощности анализируемого сигнала релейной защиты относительно мощности помехи. Приведена численная зависимость вероятности ошибочного функционирования устройств релейной защиты от отношения мощностей сигнал/помеха и от базы сигнала. Обоснована возможность доступного учета помехи при ее неравномерном энергетическом спектре.

Ключевые слова: релейная защита, надежность релейной защиты, мощность сигнала, мощность помехи.

На устойчивость функционирования (УФ) автоматических устройств, в том числе устройств релейной защиты, сильно влияют электромагнитные помехи. Учет промышленных помех особенно важен при совместном использовании, например, сложных микропроцессорных устройств и электромеханических средств защиты на переменном оперативном токе [1], целесообразность одновременной установки которых подтверждается опытом эксплуатации. В [2] рекомендуется применять при этом узкополосные устройства защиты, позволяющие максимально использовать допустимое время анализа по условиям динамической и термической устойчивости в распределительных сетях.

Применение микропроцессорной базы для релейной защиты требует оценки ее УФ в условиях возможного наличия электромагнитных помех на предприятиях, заводских подстанциях и в электропитающей сети. Исходя из требований к релейной защите, необходимо рассматривать УФ для следующих трех режимов:

1) КЗ в защищаемой зоне (чувствительность и устойчивость быстроты срабатывания). В данном случае при поступлении на вход защиты сигнала на срабатывание наличие помех может привести к отказу срабатывания. Однако вероятность такого совпадения заведомо меньше, чем в других режимах;

2) внешние КЗ. Влияние помех в этом режиме опаснее, чем в предыдущем (в особенности при КЗ в пределах сети одной подстанции), поскольку может обусловить либо излишнее срабатывание, либо неселективное отключение отдельного присоединения;

3) отсутствие КЗ (отстроенность от ложных срабатываний). В условиях предприятия помехи в этом режиме могут появляться при

оперативных переключениях, ремонтных сварочных работах, а также при грозовых воздействиях.

Наибольшему влиянию электромагнитных помех подвержены быстродействующие защиты, выполняемые на микропроцессорной базе (в том числе простейшие токовые защиты). В этой связи покажем, что увеличение мощности сигнала релейной защиты, особенно в условиях повышенного уровня помех, является принципиально необходимым. Рассмотрим простейшие токовые защиты, в которых анализируется огибающая действующего значения тока, представляющая в информационном плане однополярный импульсный носитель. Для оценки вероятности ошибки распознавания такого носителя на фоне мешающих факторов используем известное в статистической радиотехнике выражение [3, 4]

$$P_{\text{ош}} = \frac{1}{h^2}, \quad (1)$$

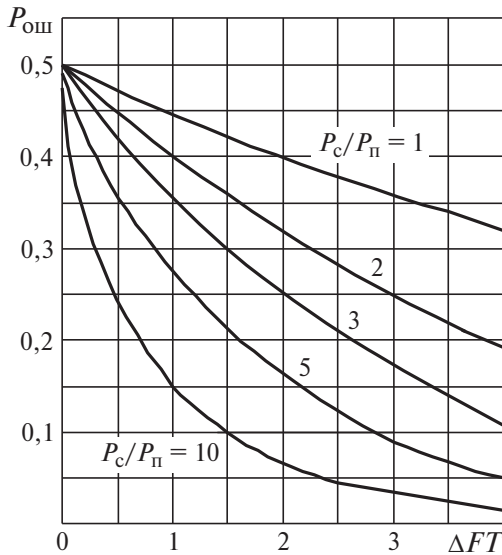
$$2e^{-\frac{h^2}{2}}$$

где

$$h^2 = \frac{P_c T}{v^2} \quad (2)$$

— отношение энергии анализируемого сигнала $P_c T$ к спектральной плотности нормального белого шума с равномерным энергетическим спектром v^2 ; P_c — мощность сигнала; T — время анализа (для релейной защиты — время ее срабатывания).

Утверждать, что выявлению сигнала в цепи КЗ мешает такой вид помехи, затруднительно, однако можно говорить о нормальном законе распределения плотности ве-



роятностей, так как значения токов КЗ определяются целым рядом некоррелированных явлений. При этом необходимо учесть, что мощность сравнительно большого сигнала можно представить его наибольшим пиковым значением, а мощность помехи — ее средним значением, причем отношение этих величин характеризуется коэффициентом $k = 2/(\pi e)$ [5]. Тогда, умножив в формуле (2) числитель и знаменатель на полосу пропускания ΔF защищаемой цепи, получим

$$h^2 = \frac{P_c}{\sqrt{2}\Delta F} \Delta FT = \frac{P_c}{P_n} \Delta FT, \quad (3)$$

где P_n — мощность помехи; ΔFT — база сигнала релейной защиты.

С учетом указанного вероятность ошибочной работы устройства РЗ

$$P_{\text{ош}} = \frac{1}{2} e^{-0,5 \left(\frac{2}{\pi e} \right) \frac{P_c}{P_n} \Delta FT}. \quad (4)$$

На рисунке показано семейство кривых вероятности ошибки $P_{\text{ош}}$ распознавания тока

КЗ в зависимости от базы ΔFT при разных отношениях мощностей сигнала и помехи P_c/P_n .

Таким образом, надежность функционирования устройств защиты наряду с существующими способами можно повышать, увеличивая мощность анализируемого сигнала относительно мощности помехи. Это вполне понятно, но полученная формула (4) представляет решение в количественном виде. Расчет базы сигнала ΔFT удобно выделить в отдельное исследование.

С учетом полученных результатов разработаны новые устройства защиты [6, 7], функционирующие с использованием высокого энергетического уровня сигнала.

В заключение отметим, что увеличение мощности анализируемого сигнала защиты может оказаться экономически более выгодным, чем снижение уровня помех на защищаемом объекте.

Список литературы

1. Щедриков Б. Д. Электромеханические устройства релейной защиты и автоматики в энергетике: настоящее и будущее. Релейная защита и автоматизация. — Эксплуатация, 2010, № 1.
2. Зинченко В. Ф., Зинченко А. В., Черноусова Л. В. Измерительное реле защиты как аналого-цифровой преобразователь. — Промышленная энергетика, 2012, № 6.
3. Тихонов В. И. Статистическая радиотехника. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1982.
4. Финк Л. М. Теория передачи дискретных сообщений. — М.: Советское радио, 1963.
5. Шеннон К. Э. Работы по теории информации и кибернетике / Пер. с англ. Под ред. Р. Л. Добрушина и О. Б. Лупанова. — М.: Иностранная литература, 1963.
6. Пат. 2362248 RU. Электронное реле защиты / Л. В. Черноусова. — Оpubл. в Б.И., 2009, № 2.
7. Пат. 2356153 RU. Реле для дифференциальной отсечки трансформатора / А. В. Зинченко. — Оpubл. в Б.И., 2009, № 14.

az1672@rambler.ru