

УПРЕЖДАЮЩИЕ И ПОСЛЕДЕЙСТВУЮЩИЕ ФУНКЦИИ ДЛЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Баженов В. Н., Кулешов В. С., Кулешова К. В.

Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт"

В статье обсуждается термин "упреждающие функции" и вводится новый – "последействующие функции" для релейной защиты. Приведены примеры последействующих функций.

Постановка проблемы. Сейчас в связи с новыми требованиями к обеспечению потребителей электроэнергией в требуемом объеме и заданного качества наметился поиск новых нетрадиционных методов и технических средств интеллектуализации систем релейной защиты (Smart Protective Relays).

Анализ последних исследований и публикаций. В статье В.И. Гуревича [1] подвергается критике введенный авторами А.В. Булычевым и И.Н. Смирновой [2,3] термин "упреждающие функции в релейной защите". По нашему мнению, основной мотив критики в том, что "речь идет, по-видимому, о релейной защите, которая будет срабатывать до наступления аварийного режима для того, чтобы не создавать "нежелательного воздействия на энергосистему". Не принимается и определение [4] "упреждающая защита – это защита, имеющая отрицательное время срабатывания". В.И. Гуревич показывает, что "такая релейная защита, в соответствии с философией авторов (А.В. Булычева и И.Н. Смирновой) должна теперь реагировать не на сам аварийный режим, как это всегда делает релейная защита, а лишь на опасность возникновения такого режима". "Но является ли это вообще функцией релейной защиты?" – спрашивает В.И. Гуревич. А теперь спрашиваем мы – "А могут ли быть последействующие функции для релейной защиты".

Цель статьи. Рассмотреть термин "упреждающие функции для релейной защиты" и обосновать, предлагаемый нами, термин "последействующие функции для релейной защиты".

Основные материалы исследований. Чтобы разобраться в правильности суждений в [1,2,3 и 4] сначала кратко повторим определения, изложенные в [1], для следующих терминов.

Ненормальный режим (нн.р) – работа электроустановки (ЭУ) с параметрами режима, которые "выходят за пределы наибольшего или наименьшего допустимого рабочего значения".

Аварийный режим (а.р.) – ненормальный режим с параметрами, которые недопустимы для работы ЭУ.

Реле защиты – устройство для выявления аварийного режима и выдачи команды на отключение выключателя. Реле сигнализации – устройство для выявления ненормального режима и выдачи команды на тревожный сигнал или на отключение выключателя.

Добавим ключевые определения.

Релейная защита (Protective relay) – реле или группа реле и вспомогательных устройств, предназначенных в случае повреждения или ненормальных условий отключать, воздействием на выключатель, определенную ЭУ.

Срабатывание (To operate) – начало (пуск) и завершение функции, для которой реле предназначено [5].

Основное назначение релейной защиты – автоматически отключать при помощи выключателей поврежденную электроустановку от остальной неповрежденной электрической части энергосистемы.

Дополнительное назначение релейной защиты – реагировать на опасные ненормальные режимы работы элементов энергосистемы и в зависимости от их дальнейшего влияния действовать на сигнал или на отключение выключателя [6].

Определение для термина "функция" – это круг деятельности. Деятельность до события, в момент события и после события. Если за термин "событие" принять "отключение выключателя", то уместно рассматривать упреждающие и последействующие функции для релейной защиты.

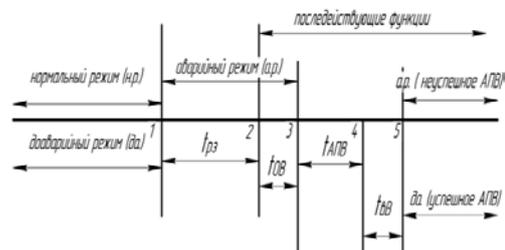


Рисунок 1 – Временная характеристика событий для релейной защиты в аварийных режимах (1 – пуск релейной защиты; 2 – срабатывание релейной защиты; 3 – отключение выключателя; 4 – команда для АПВ; 5 – включение выключателя)

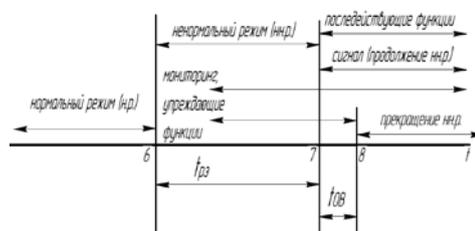


Рисунок 2 – Временная характеристика событий для релейной защиты в ненормальных режимах (6 – пуск релейной защиты; 7 – срабатывание релейной защиты; 8 – отключение выключателя)

На рис. 1 и 2 приведены временные характеристики событий для релейной защиты в аварийных и ненормальных режимах.

Упреждающие функции для релейной защиты входят в дополнительное назначение релейной защиты.

ты с целью предотвращения возможного повреждения и не имеют отрицательного времени срабатывания. Например, защита электроустановок от перегрузки, блокировка защит от качаний, защита генераторов от замыкания на землю в одной точке цепи обмотки ротора, неселективная защита электроустановок от простых замыканий на землю и др. Последнействующие функции необходимы для сохранения исходного или близкого к нему режима электроэнергетической системы при больших и малых возмущениях. Например, к последнействующим функциям релейной защиты можно отнести команды на пуски устройств автоматического повторного включения (АПВ), автоматического включения резерва (АВР), устройства резервирования отключения выключателя (УРОВ), делительной автоматики и др. Также последнействующие функции в полной мере можно использовать для релейной защиты пятого поколения [7], предусматривающей микропроцессоры принятия решений (МПР).

В процессе аварийных событий, происходящих в электрической части энергосистем (ЭЭС), после срабатывания релейной защиты и выключателей, определяющим для МПР является быстрая и точная оценка событий аварийного режима и принятие правильных решений для восстановления схемы ЭЭС в послеаварийном режиме. Особое значение для принятия решений имеет анализ работы логической части релейной защиты, которая должна обеспечивать срабатывание по требованию и несрабатывание при внешних повреждениях либо при отсутствии последних. Ниже приведены рассуждения для последнействующих функций релейной защиты с целью распознавания отключенных и поврежденных электроустановок, отказа основных защит, отказа в отключении выключателей, ложной работы защит, неправильного отключения выключателей, неправильного срабатывания защит и др. [8]. Главными факторами распознавания отключенных электроустановок (ЭУ) и конфигурации сети являются фиксация отсутствия напряжения (ОН) и отключенного выключателя (ОВ). Отключенные электроустановки (шины, линии, трансформаторы, двигатели, генераторы и др.) опознаются путем прослеживания по направлению к источнику питания. Если выключатель отключен или отсутствует напряжение, то электроустановка отключена (ОЭ). Поврежденная электроустановка (ПЭ) распознается по отключенному состоянию и срабатыванию хотя бы одной её основной релейной защиты (ОРЗ). Например, распознавание поврежденной линии (рис. 3). Линия W повреждена (ПЭ $_W$), если она отключена (ОЭ $_W$) и получены сигналы хотя бы от одной из основных защит линии (ОРЗ $_1$ или ОРЗ $_2$)

$$ПЭ_W = ОЭ_W \cdot (ОРЗ_4 + ОРЗ_5). \quad (1)$$

Для распознавания отказа k -той основной защиты (ООРЗ $_k$) рассматриваемой поврежденной электроустановки применим уравнение

$$ООРЗ_k = ПЭ \cdot НОРЗ_k, \quad (2)$$

где НОРЗ $_k$ – относится к несрабатыванию k -той основной защиты поврежденной электроустановки.

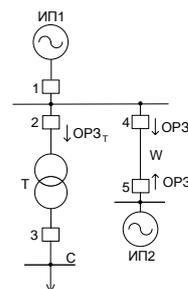


Рисунок 3 – Распознавание поврежденной электроустановки

Отказ k -той основной защиты электроустановки распознается по факту поврежденной ЭУ и несрабатыванию рассматриваемой защиты, входящей в комплект основных защит. Рассмотрим отказ газовой защиты трансформатора. Основными защитами трансформатора являются дифференциальная и газовая. Если трансформатор T , поврежден (ПЭ $_T$), и не сработала одна из основных защит, например, газовая, то логически утверждается факт отказа газовой защиты трансформатора

$$ООРЗ_T = ПЭ_T \cdot НОРЗ_T. \quad (3)$$

Отказ в отключении n – выключателя электроустановки (ООВ $_n$) логически распознается по совокупности опознания включенного состояния выключателя (ВВ), который должен быть отключен, действия основных (ОРЗ) или резервных защит (РРЗ) на этом выключателе, и опознания отключенных всех смежных электроустановок (П $_p$ ОЭ) или выключателей со стороны источников питания (П $_p$ ОВ)

$$(ООВ_n) = ВВ_n \cdot (ОРЗ_n + РРЗ_n) \times (П_p ОЭ + П_p ОВ), \quad (4)$$

где p – относится ко всем смежным ЭУ или выключателям со стороны источников питания.

Ложное срабатывание k – той защиты (ЛС $_k$), установленной на выключателе, распознается по отключенному состоянию выключателя (ОВ), срабатыванию k -той защиты (РЗ $_k$), несрабатыванию (НРЗ) других основных или резервных защит своего выключателя и смежных стороны питания

$$ЛС_k = ОВ \cdot РЗ_k \cdot (П_m НРЗ), \quad (5)$$

где m – относится ко всем своим и смежным защитам кроме k -той защиты.

Самопроизвольное отключение k – того выключателя (СОВ $_k$) распознается по фактам отключенного выключателя (ОВ $_k$) и несрабатыванию всех основных (НОРЗ) и резервных защит (НРРЗ), установленных на рассматриваемом выключателе

$$COB_k = OB_k \cdot (P_n HOPЗ) \cdot (P_l HPPЗ), \quad (6)$$

где n – относится ко всем основным защитам рассматриваемого k – того выключателя;

l – ко всем резервным защитам этого выключателя.

Неправильное срабатывание основной защиты (НСРЗ_к) k – того выключателя распознается по фактам отключенного выключателя (OB_к), срабатыванию рассматриваемой защиты (ОРЗ_к) и отсутствию пуска всех других защит (НРЗ_{м-1}) данного выключателя

$$НСРЗ_k = OB_k \cdot ОРЗ_k \cdot (P_{m-1} НРЗ), \quad (7)$$

где m – число всех защит на k – том выключателе.

Успешное восстановление ранее поврежденной k – той электроустановки под действием автоматического повторного включения (УАПВ) распознается по фактам действия защит (PЗ), действия АПВ и включенного состояния выключателя (ВВ)

$$УАПВ_k = PЗ_k \cdot АПВ_k \cdot ВВ_k. \quad (8)$$

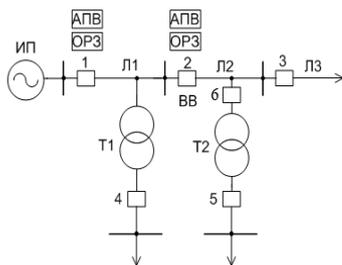


Рисунок 4– Пример распознавания успешного автоматического восстановления ранее поврежденной электроустановки

Действие устройства резервирования отказа выключателя (УРОВ) распознается по фактам срабатывания релейной защиты, включенного состояния k -того выключателя и отключенного положения всех смежных питающих выключателей:

$$УРОВ = PЗ_k \cdot PЗ_k \cdot P_n OB, \quad (9)$$

где k – относится к не отключенному основной защитой выключателю;

n – ко всем смежным выключателям от источников питания.

Выводы. Упреждающие функции для релейной защиты входят в дополнительное назначение релейной защиты с целью предотвращения возможного повреждения и не имеют отрицательного времени срабатывания. Сейчас необходимо разрабатывать теорию и практику для микропроцессоров принятия решений, распознающих ситуацию электрической сети в зоне электроустановок, использующих последствующие функции релейной защиты. Предложены алгоритмы распознавания действия устройств защиты

и автоматики для автоматизации управления электроэнергетической системой в послеаварийных режимах.

Список использованных источников

1. Гуревич В. И. "Релейная защита упреждающего действия": новое достижение в технике или нонсенс? / В. И. Гуревич // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2016. – С. 33 – 35.
2. Булычев А. В. Релейная защита. Совершенствование за счет упреждающих функций / А. В. Булычев, Г. С. Нудельман // Новости электротехники. – 2012. – №4 (58). – С. 30 – 33.
3. Смирнова И. Н. Упреждающие функции в защите трансформатора / И. Н. Смирнова, А. В. Булычев // Релейная защита и автоматизация. – №2 – 2016.
4. Булычев А. В. Релейная защита и автоматика. Технические требования и обоснование инвестиций в НИОКР / А.В. Булычев // Новости электротехники. – 2015. – №5
5. Международный электротехнический словарь. Группа 16. Релейная защита / под ред. А. М. Федосеева. – Москва: Госуд. изд. физико-математической литературы, 1960. – 120 с.
6. Федосеев А. М. Релейная защита электроэнергетических систем / А. М. Федосеев, М. А. Федосеев. – Москва: Энергоатомиздат, 1992. – 520 с.
7. Силаев Ю. Релейная защита от плавкой вставки до микропроцессора / Ю. Силаев // Релейная защита и автоматизация. – 2012. – №01 (06). – С. 48-53.
8. Баженов В. Н. Анализ работы релейной защиты и автоматики для послеаварийного восстановления схемы электроснабжения / В. Н. Баженов // Вісник НПУ "ХПІ". Серія: Енергетика: Надійність та енергоефективність. - Х.: НТУ "ХПІ". - 2013. – № 17 (990). С. 18-25.

Анотація

ВИПЕРЕДЖУЮЧІ ТА ПІСЛЯДІЮЧІ ФУНКЦІЇ ДЛЯ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ

Баженов В. М., Кулешова К. В.

У статті обговорюється термін "випереджуючі функції" і вводиться новий - "післядіючі функції" для релейного захисту. Наведені приклади післядіючих функцій.

Abstract

PRE-EMPTIVE AND AFTEREFFECT FUNCTIONS FOR THE PROTECTIVE RELAY

V. Bazhenov, K. Kuleshova

In the article discusses the term "pre-emptive function" and introduces a new - "aftereffect function" for the protective relay. Examples of aftereffect functions.