

ЛОГИЧЕСКАЯ СЕЛЕКТИВНОСТЬ В СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Растегина Г.И., Шепель Л.С.,

Херсонский государственный морской институт

Статья касается проблем электрической защиты судовых электро-энергетических систем. Рассмотрены свойства защиты, дан анализ избирательности, быстродействия защиты. Детально рассмотрен принцип построения схем классической временной селективности. Описан принцип действия схемы логической селективности, выполненной с применением современных автоматических выключателей серии Masterpact, Compact NS и Multi 9. Предлагается ввести понятие логической селективности в учебный процесс. Статья представляет интерес для студентов высших и средних специальных морских учебных заведений и специалистов отрасли.

Ключевые слова: электрическая защита, короткое замыкание, судовые электроэнергетические системы, избирательность, селективность, логическая селективность.

Введение. Анализ учебной литературы [1-4] показал, что в теме «Электрическая защита сетей» раскрыты только вопросы классической селективности по времени и по току и не упоминаются современные способы построения защиты. Считаю необходимым ввести понятие логической селективности в учебный процесс при изучении предмета «Судовые электроэнергетические системы». Это позволит курсантам понимать принцип построения защиты и повысить качество обслуживания судовых электроэнергетических систем.

Актуальность исследований. Существуют разнообразные виды повреждений и ненормальных режимов работы элементов судовых электроэнергетических систем (СЭЭС). Защита СЭЭС должна выявлять повреждения или ненормальные режимы, определять место повреждения, выполнять необходимые отключения, сопровождающиеся сигнализацией. Объектом защиты является как электроэнергетическая установка в целом, так и отдельные виды электрооборудования: генераторные агрегаты, трансформаторы, электромашинные и статические преобразователи, главные и вторичные электrorаспределительные щиты, кабели, приемники электрической энергии. Наиболее опасным повреждением являются короткие замыкания (КЗ), особенно на шинах ГРЩ. В месте КЗ, как правило, выделяется большая тепловая энергия, возможны пожары, возгорания и разрушения электрооборудования.

Роль защиты все более возрастает по мере усложнения СЭЭС и повышения мощности судовых генераторов. Эффективность функционирования защиты обеспечивается при условии, что она удовлетворяет ряд требований, основными из которых являются полнота защищенности, избирательность, быстродействие, чувствительность,

надежность, устойчивость к электродинамическому и термическому действию токов.

Рассмотрим некоторые свойства защиты и их совместимость друг с другом.

Полнота защищенности определяется тем, обеспечены ли различные виды электрооборудования всеми необходимыми видами защиты.

Избирательность (селективность) *защиты* состоит в том, что защита отключает только поврежденный элемент или участок СЭЭС. Обеспечивается избирательность главным образом координацией времени срабатывания защиты смежных участков. Наименьшую выдержку времени срабатывания имеет защита приемников электроэнергии, а наибольшую – токовая защита источников электрической энергии. Недостатком такой классической временной селективности является то, что при коротком замыкании на сборных шинах ГРЩ возникает наибольший ток, время отключения которого будет максимальным.

Обеспечение избирательности путем настройки защиты смежных участков на разные токи срабатывания нашло ограниченное применение в СЭЭС. Объясняется это тем, что судовые электрические сети имеют относительно малую протяженность, и токи смежных участков судовой сети различаются незначительно.

Быстродействие в наибольшей мере характеризует эффективность защиты. При защите от КЗ быстродействие должно быть таким, чтобы в максимальной степени снизить тяжесть последствий вредного воздействия режима КЗ. Например, при коротком замыкании на шинах ГРЩ за время 0,4 с при $I_{КЗ} \approx 80$ кА в помещении объемом 100 м³ концентрация двуокиси меди представляет опасность для жизни человека [5]. Желательно, чтобы время срабатывания защиты в режиме КЗ было минимальным, однако при этом ухудшаются другие свойства защиты: избирательность, надежность и т.д. Проведение опытов КЗ через дугу в лабораторных и натуральных условиях показало, что с точки зрения термического и токсического действия дуги КЗ в СЭЭС мощностью свыше 1 МВт следует сократить количество ступеней выдержек времени и не использовать выдержки времени свыше 0,3-0,4 с [5].

Анализ показывает, что такие свойства, как избирательность и быстродействие предъявляют к защите противоречивые требования. Эта проблема является актуальной и с развитием науки будет требовать постоянной доработки, совершенствования и принципиально новых идей в вопросах построения защиты.

Постановка задачи. Для решения вопроса об эффективности защиты СЭЭС следует:

- 1) проанализировать существующие средства максимальной токовой защиты с точки зрения быстродействия и избирательности;
- 2) выявить принципиально новые способы решения проблемы и их техническую реализацию на современной элементной базе.

Результаты исследований. Исследования показывают, что в радиальной судовой сети с односторонним питанием от генератора защита всех четырех участков (рис. 1) от токов короткого замыкания обеспечивается автоматическими выключателями [6].

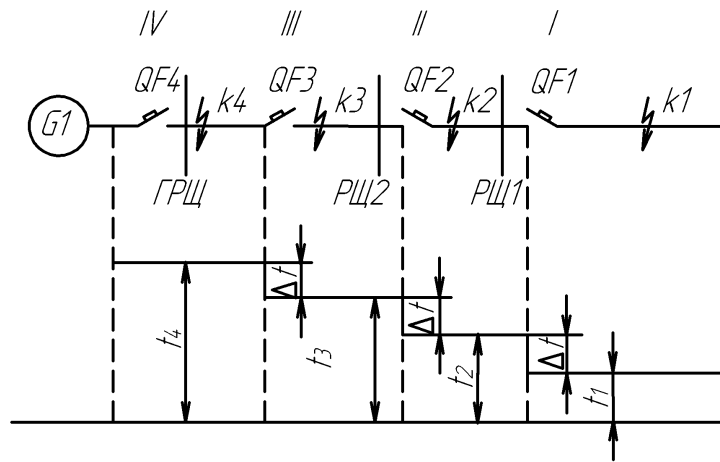


Рисунок 1 – Схема максимальной токовой защиты радиальной сети с односторонним питанием и временная диаграмма

При коротком замыкании, например, в точке $k1$ к месту замыкания через всю линию протекает ток, который может привести к действию защиты всех четырех участков (I ... IV). Однако, сработать должна защита только первого участка (время t_1).

При коротком замыкании в точке $k2$ автоматический выключатель $QF1$ это замыкание не обнаруживает, а ток КЗ протекает через автоматические выключатели $QF2$, $QF3$, $QF4$. Однако, должен сработать только выключатель $QF2$ с выдержкой времени t_2 .

Выбор выдержек времени начинают с защиты, расположенной на конечном участке сети. Эта защита имеет выдержку времени, минимально возможную или близкую к нулю. Величина ступени времени Δt зависит от времени срабатывания выключателя $t_{\text{в}}$, инерционной ошибки защиты $t_{\text{и.о.}}$ и времени запаса $t_{\text{зан.}}$, т.е. $\Delta t = t_{\text{в}} + t_{\text{и.о.}} + t_{\text{зан.}}$.

В судовых сетях при защите селективными и установочными выключателями принимают $\Delta t = 0,1 \dots 0,2$ с [6]. При правильной работе защиты короткое замыкание в точке $k1$ отключает выключатель $QF1$, ближайший к месту короткого замыкания. После отключения поврежденного участка защита на выключателе $QF2$, имеющая большую выдержку времени и поэтому не успевающая сработать, должна возвратиться в исходное состояние.

Избирательность защиты по времени отключения достигается при выполнении условия $t_1 < t_2 < t_3 < \dots < t_n$, где t_1, t_2, t_3, t_n – время отключения автомата на соответствующем участке сети.

При коротком замыкании на сборных шинах ГРЩ в точке $k4$ должен сработать автоматический выключатель $QF4$, который имеет наибольшую выдержку времени, а величина тока КЗ наибольшее значение.

Можно сделать вывод, что классическая временная селективность имеет ограничения по количеству ступеней защиты, предъявляет повышенные требования к термической стойкости автоматических выключателей, защищаемого оборудования и кабелей. Необходим принципиально новый подход к построению защиты. При этом нельзя исключать селективность по времени, если замыкание произошло на смежном участке, и одновременно обеспечить быстрое действие, если замыкание произошло на защищаемом участке.

В настоящее время в системах электроснабжения применяется логическая селективность, которую можно отнести к временной селективности. Она позволяет уменьшить электродинамические нагрузки на электроустановку за счёт сокращения времени устранения повреждения.

Логическая селективность может быть выполнена при использовании автоматических выключателей серии Masterpact, Compact NS и Multi 9 [7].

Логическая селективность (Zone Selective Interlocking – ZSI) обеспечивает связь между вышерасположенным и нижерасположенным выключателями посредством логического сигнала (0 или 5 В). Схема логической селективности представлена на рисунке 2.

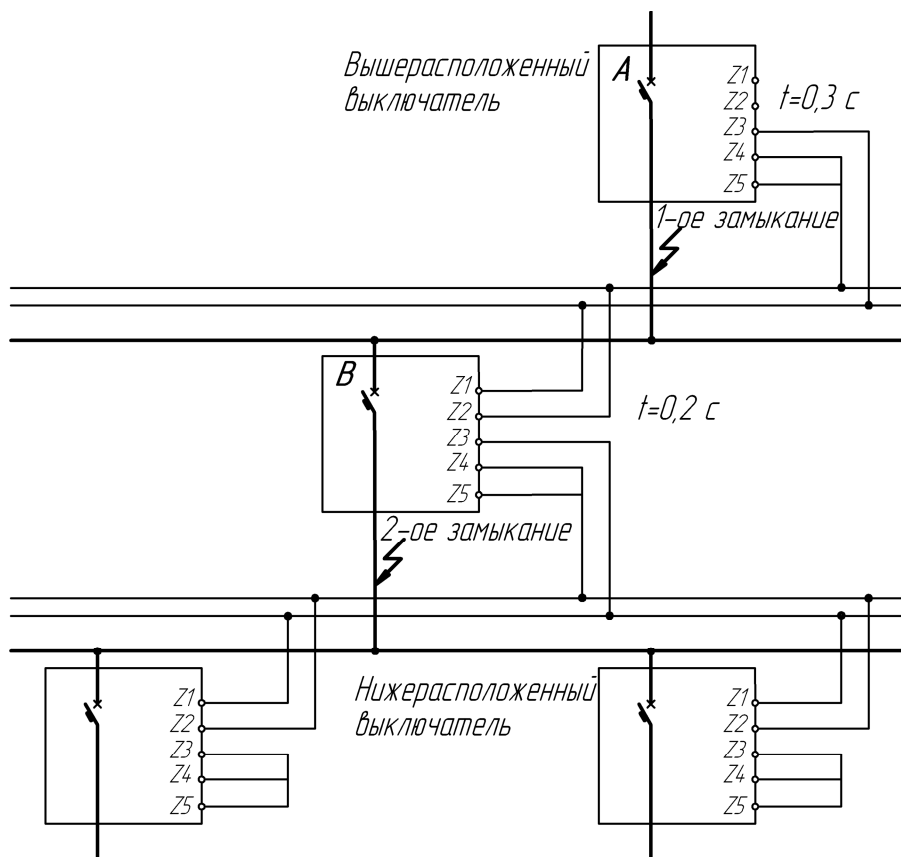


Рисунок 2 – Схема логической селективности

Контрольный провод соединяет несколько выключателей, оснащенных блоками контроля и управления Micrologic A/P/N. Обнаружив замыкание, блок контроля и управления выдает сигнал вверх и проверяет наличие сигнала, исходящего от нижерасположенного выключателя. При наличии сигнала снизу выключатель остается включенным в течение всего времени своей выдержки. В противном случае он отключается немедленно вне зависимости от значения уставки времени.

Логическая селективность – это функция электронных расцепителей, которая заключается в том, что вышестоящий расцепитель, не получивший от нижестоящего сигнал об обнаружении КЗ, «считает» что КЗ происходит между ними и отключается мгновенно, без учета уставок своего расцепителя. Данная функция используется для получения: полной селективности отключения; значительного снижения выдержки времени отключения выключателей, расположенных ближе всего к источнику питания.

Принцип срабатывания системы логической селективности может быть описан следующим текстовым алгоритмом.

1-е замыкание. Только выключатель *A* обнаруживает замыкание. Не получив никакого сигнала снизу, он отключается немедленно, хотя его уставка времени установлена на ступень 0,3 с.

2-е замыкание. Выключатели *A* и *B* обнаруживают замыкание. Выключатель *A*, получив сигнал от выключателя *B*, соблюдает свою уставку времени, предварительно установленную на ступень 0,3 с. Выключатель *B*, не получив никакого сигнала снизу, отключается немедленно, хотя его уставка времени установлена на 0,2 с.

Выводы

1. Выполненный анализ максимальной токовой защиты радиальной судовой сети распределения электроэнергии, построенной по принципу классической временной селективности вскрывает наличие существенных недостатков, которые ведут к снижению надежности работы СЭЭС.

2. Рассмотренный принцип действия схемы логической селективности, выполненной на базе автоматических выключателей серии Masterpact, Compact NS и Multi 9, обеспечивает совершенствование системы защиты.

3. Логическая защита является неотъемлемой частью современных СЭЭС, поэтому понятие логической селективности необходимо вводить в учебные программы дисциплины «Судовые электроэнергетические системы».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воскобович В.Ю. Электроэнергетические установки и силовая электроника транспортных средств. Под ред. Ю.А. Лукомского / В.Ю. Воскобович, Т.Н. Королева, В.А. Павлова. – СПб.: Элмор, 2001. – 384 с.

2. Лемин Л.А. Эксплуатация судовых систем электроснабжения: учебное пособие ГМА им. адм. С.О. Макарова / Л.А. Лемин, А.В. Прусаков, А.В. Григорьев. – СПб., 2006. – 184 с.
3. Сергиенко Л.И. Электроэнергетические системы морских судов: учебник для мореходных училищ / Л.И. Сергиенко, В.В. Миронов. – М.: Транспорт, 1991. – 264 с.
4. Электрооборудование, электронная аппаратура и системы управления: учебное пособие ОНМА / [Пипченко А.Н., Пономаренко В.В., Теплов Ю.И., Романенко А.В.]. – Одесса, 2005. – 370 с.
5. Электрическая защита судового электрооборудования / [Калязин Е.А., Филимонов В.Д., Рокотян Ю.В., Игнатьев Л.Л.]. – Л.: Судостроение, 1983. – 240 с.
6. Краснов В.В. Основы теории и расчета судовых электроэнергетических систем: учебное пособие / Краснов В.В., Мещанинов П.А., Мещанинов А.П. – Л.: Судостроение, 1989. – 328 с.
7. Автоматические выключатели и выключатели нагрузки-разъединители низкого напряжения от 80 до 3200 А Compact NS. Каталог компании Schneider Electric, 2006. – 316 с.

Растьогіна Г.І., Шепель Л.С. ЛОГІЧНА СЕЛЕКТИВНІСТЬ У СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ

Стаття стосується проблем електричного захисту судових електроенергетичних систем. Розглянуто властивості захисту, подано аналіз вибірковості, швидкодії захисту. Детально розглянуто принципи побудови схем класичної часової селективності. Описано принцип дії схеми логічної селективності, що виконана із застосуванням сучасних автоматичних вимикачів серії Masterpact, Compact NS і Multi 9. Пропонується ввести поняття логічної селективності в навчальний процес. Стаття являє інтерес для студентів вищих і середніх спеціальних морських навчальних закладів і фахівців галузі.

Ключові слова: електричний захист, коротке замикання, судові електроенергетичні системи, вибірковість, селективність, логічна селективність.

Rastegina G.I., Shepel L.S. ZONE SELECTIVE INTERLOCKING IN SHIP ELECTROPOWER SYSTEMS

Article concerns problems of electric protection of ship electropower systems. Properties of protection are considered, the analysis of selectivity, speed of protection is given. The principle of construction of schemes of classical time selectivity is in details considered. The principle of action of the scheme of zone selective interlocking, with application of modern automatic switches of series Masterpact, Compact NS and Multi 9 is described. It is offered to enter concept of zone selective interlocking into educational process. Article is of interest for students of the higher and average special sea educational institutions and experts of branch.

Key words: electric protection, short circuit, ship electropower systems, selectivity, zone selective interlocking.