

эффективности. Согласно полученным данным (рисунок 2) видно, что шесть из восьми рассмотренных относительных показателей для суспензии характеризуются максимальными значениями.

Площадь поверхности на векторной диаграмме для суспензии больше, чем для двух других рассмотренных способов сжигания шлама и воды. Наибольший вклад в отмеченное увеличение вносят показатели по задержкам гетерогенного зажигания, показатель выгорания и выбросы оксидов углерода.

Литература

1. Nyashina G. S., Kurgankina M. A., Strizhak P. A. Environmental, economic and energetic benefits of using coal and oil processing waste instead of coal to produce the same amount of energy //Energy Conversion and Management. – 2018. – Т. 174. – С.175-187.
2. Vershinina K. et al. The prospects of burning coal and oil processing waste in slurry, gel, and solid state. //Applied Thermal Engineering. – 2019. – Т. 156. – С.51-62.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УУПК НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 220 КВ Коновалова Е.А., Рубан Н.Ю.

Научный руководитель доцент Н.Ю. Рубан

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Одним из видов оборудования, которое используется в нефтегазовой промышленности, являются нефтяные буровые установки. Электроснабжение таких объектов должно быть надежным и бесперебойным, в противном случае это приводит к экономическим потерям из-за отсутствия питания электропривода буровой установки, а также к увеличению времени простоя технологических агрегатов.

Для того чтобы обеспечить бесперебойное питание потребителя, электроэнергия поставляется с помощью линий электропередач 110-330 кВ, затем через понизительную подстанцию передается по линии 6-35 кВ к установке. Так как линии 110-330 кВ достаточно протяженные, а места расположения буровых установок обычно в отдаленных районах, поэтому помимо защит, предназначенных для надежной работы буровой установки, есть необходимость рассмотреть надежность работы защиты линии электропередачи.

К тому же следует отметить, что в связи с постоянным ростом спроса на электроэнергию возникает необходимость в поддержании напряжения на постоянном уровне, так как от этого напрямую зависит качество электроэнергии. В связи с этим на сегодняшний день с данной проблемой неплохо справляются устройства FACTS. Это комплекс технических и инновационных средств автоматического управления параметрами линии электропередачи. Управляемое устройства продольной компенсации(УУПК) можно отнести к устройствам второго поколения. Основной функцией данного комплекса является плавное управление емкостным сопротивлением и тем самым плавное изменение реактивного сопротивления, что в свою очередь влияет на генерацию и потребление реактивной мощности из сети и ведет к повышению или понижению уровня напряжения и качества электроэнергии. В свою очередь изменение реактивного сопротивления сети приводит к изменению полного сопротивления линии. Как известно, основной защитой линии электропередачи является дистанционная защита, а значит данное изменение влияет и на функционирование дистанционной релейной защиты линии.

В ходе работы моделируется радиальная схема электрической сети с двусторонним питанием выполненная проводом АС300/39 [2] в прикладном программном комплексе *MATLAB Simulink*, на которой в качестве защиты от междуфазных замыканий используется дистанционная защита (рис.1).

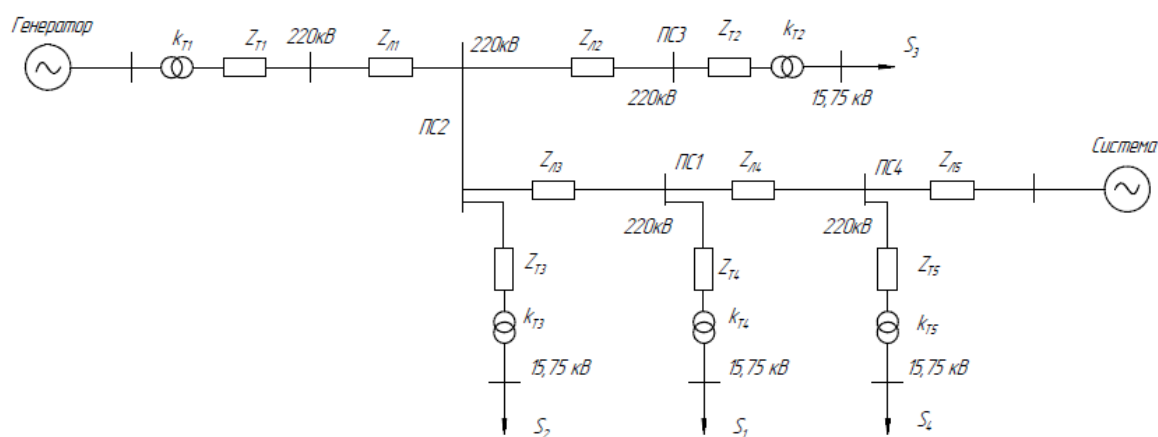


Рис. 1. Схема замещения исследуемой электрической сети

Для исследования работы дистанционной защиты выбрана полигональная характеристика срабатывания, реализованная в шкафе ШЭ2607 021 «ЭКРА». Расчет параметров характеристик срабатывания выполняется по следующим формулам [1].

$$z_{л1}^I = k_n z_{уд} l_{л1} = k_n z_{л1}; z_{л1}^{II} \leq 0,85 z_{л1} + \frac{0,66}{k_T} z_{л2}; z_{л1}^{III} > 0,85 z_{л1} + \frac{0,66}{k_T} z_{л2};$$

$$t_{cp}^I = 0; t_{cp}^{II} = t_{cp}^I + \Delta t; t_{cp}^{III} = t_{cp}^{II} + \Delta t;$$

Таблица

Результаты расчета характеристик срабатывания и выдержек времени

Ступени	Комплект дистанционной защиты № 1	
	z_y , Ом	t_{cp} , с
1 ступень	6,478+j28.95	0
2 ступень	13.652+j61.009	0,5
3 ступень	17.715+j79.165	1

Устройство продольной компенсации в конце линии. Как видно из рисунка 2, селективность срабатывания защиты первой линии обеспечивается, потому что множество точек, полученных в ходе эксперимента, попадают в зону срабатывания 1 ступени. Таким образом можно сделать вывод о том, что сопротивление устройства продольной компенсации не находится в контуре КЗ. Однако, следует отметить, что если замыкание будет в начале смежной линии, то первая ступень защиты может неверно определить место КЗ, так как в данном случае устройство продольной компенсации будет входить в контур КЗ.

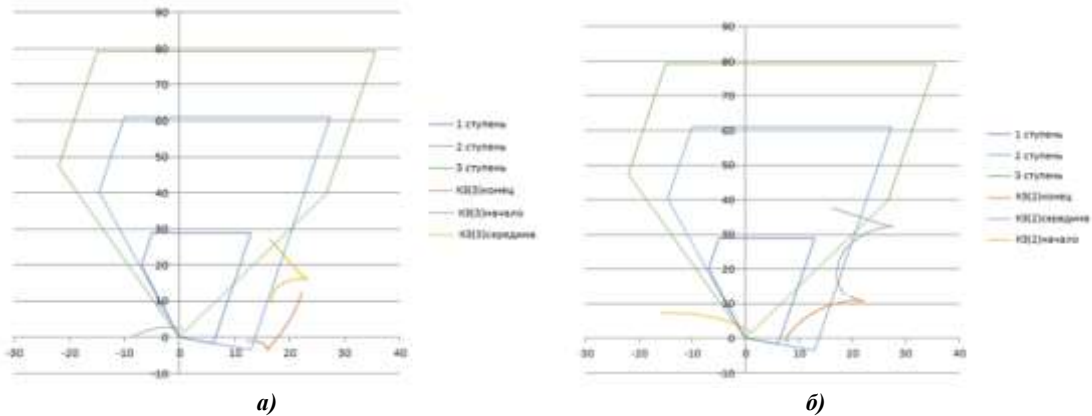


Рис. 2. Характеристика срабатывания комплекта дистанционной защиты при трехфазном КЗ (а) и при двухфазном КЗ (б)

Устройство продольной компенсации в начале линии. Сопротивление компенсатора будет включаться в цепь КЗ, что видно по множеству точек из рисунка 3, а значит происходит изменение значения сопротивления линии при КЗ, которое измеряет дистанционный орган, что говорит о том, что защита сработает неселективно.

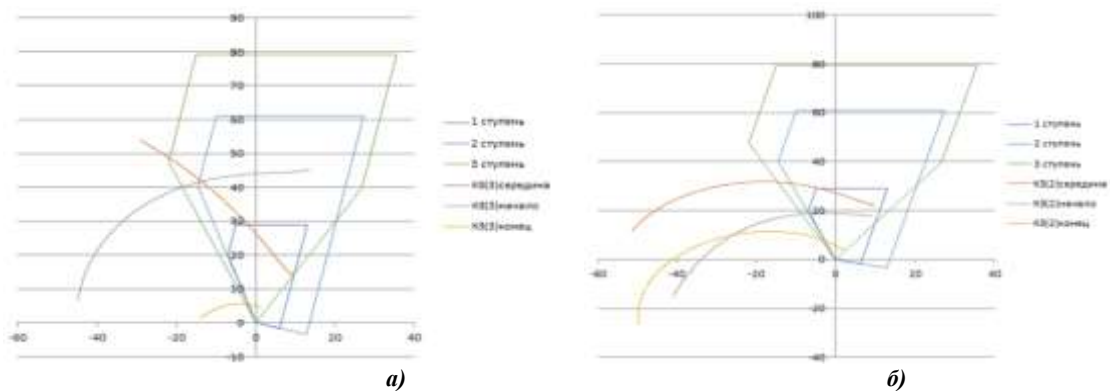


Рис. 3. Характеристика срабатывания комплекта дистанционной защиты при трехфазном КЗ (а) и при двухфазном КЗ (б)

Устройство продольной компенсации в середине линии. Сопротивление компенсатора при КЗ перед компенсатором, находится вне контура КЗ, это говорит о том, что дистанционный орган должен правильно определить и измерить величину сопротивления поврежденного участка. При КЗ же за компенсатором

сопротивление компенсатора входит в контур КЗ. При трехфазном КЗ дистанционная защита отработает селективно, так как КЗ на линии в зоне действия первой ступени, а вот при двухфазном КЗ есть вероятность неселективного срабатывания защиты.

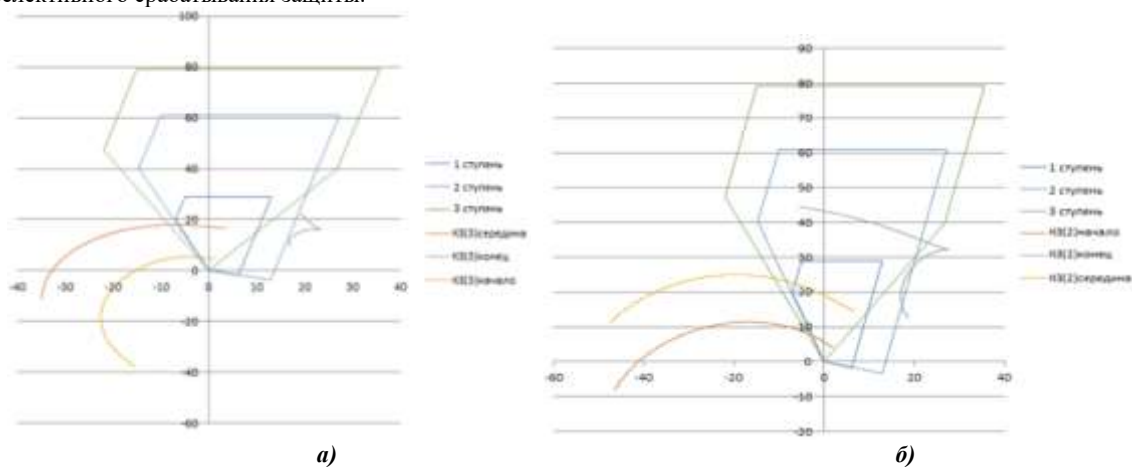


Рис. 4. Характеристика срабатывания комплекта дистанционной защиты при трехфазном КЗ (а) и при двухфазном КЗ (б)

Таким образом, для повышения надежной работы линии электропередач необходимо использовать дополнительную защиту, которая не будет подвержена воздействию УУПК, помимо дистанционной, на линии с включенным в нее управляемым устройством продольной компенсации.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, грант МК-5320.2021.4.

Литература

1. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 7. Дистанционная защита линий 35-330 кВ. М.: издательство «Энергия», 1966 г. – 172 с. с черт.
2. Файбисовича Д. Л. Справочник по проектированию электрических сетей 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ЭНАС, 2012. – 376 с.: ил.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕРВИСНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ПЛАТФОРМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ НА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Кремлёв И.А.

Научный руководитель доцент А.В. Тарышкин
ОАО «ТомскНИПИнефть», г. Томск, Россия

За последние несколько лет беспилотные летательные аппараты (БПЛА) получили активное распространение в качестве инструмента для проведения инженерных изысканий при обустройстве нефтегазовых месторождений. Дополнение летательных аппаратов сервисными наземными платформами позволяет создать гетерогенный робототехнический комплекс и увеличить его функциональные возможности. В настоящее время группами исследователей проводится изучение вариантов автоматизации обслуживания гетерогенных робототехнических комплексов [1, 2, 3, 4]. Одним из ключевых вопросов исследований является повышение автономности беспилотных летательных аппаратов при достижении целевой задачи.

В рассматриваемой задаче проведения инженерных изысканий при обустройстве нефтегазовых месторождений сервисная платформа осуществляет пополнение энергетических ресурсов беспилотного летательного аппарата. При обслуживании аккумуляторов БПЛА в его контейнер устанавливается заряженный аккумулятор, а старый возвращается на роботизированную сервисную платформу. В ходе выполнения целевой задачи роботизированная сервисная платформа позволяет пополнить энергетические запасы БПЛА.

На рисунке 1 представлен общий алгоритм выполнения работ с указанием основных типов состояний функционирования, в которых может находиться БПЛА, а также возможные переходы между ними при выполнении инженерных изысканий при обустройстве нефтегазовых месторождений.