

УДК 621.316

Т.С. ХОДКОВ, специалист I категории отдела расчетов параметров
настройки устройств релейной защиты и автоматики службы релейной за-
щиты и автоматики (Филиал АО «СО ЕЭС» Кемеровское РДУ)
г. Кемерово

АНАЛИЗ СРАБАТЫВАНИЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ В СЕТЯХ С ВЕТРОГЕНЕРАЦИЕЙ

Введение

Без надежного функционирования релейной защиты невозможно обеспечить бесперебойное снабжение потребителей электроэнергией. Из-за возрастающей доли возобновляемых источников энергии увеличивается и их влияние на дистанционную защиту. Влияние объясняется уменьшением инерции энергосистемы, из-за малых вращающихся масс, и большой скоростью коммутаций в элементах ВИЭ. Влияние становится наиболее заметным при замещении 40% и более процентов мощности относительно традиционных источников энергии. [1]

Описание схемы энергорайона

Исследование проводилось на примере дистанционной защиты ВЛ 220 кВ Ново-Анжерская – Крохалевская на ПС 500 кВ Ново-Анжерская (рис. 1). На схеме линия представлена как Л1. Также была смоделирована смежная ЛЭП ВЛ 220 кВ Кемеровская-Крохалевская-Л2. Мощность генератора Г1 составила 140 МВт, мощность нагрузки S_H 100 МВт. Ветрогенератор подключается в конце рассматриваемой линии Л1.

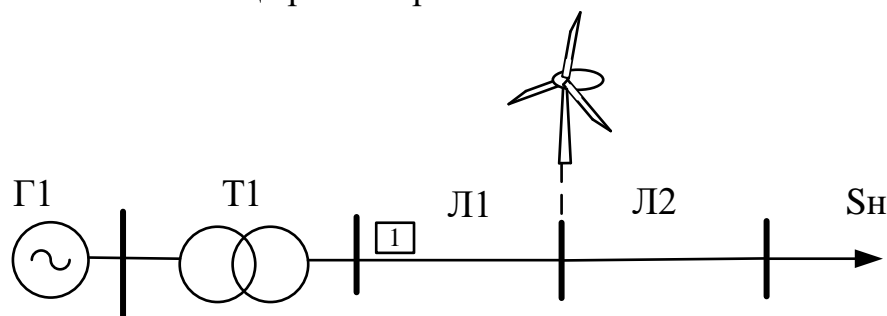


Рис. 1. Исследуемая схема энергорайона

Реализация схемы в программном комплексе

Для моделирования процессов с возобновляемыми источниками энергии была выбрана программная среда Matlab Simulink. Модели линий, ветрогенератор, турбогенератор и нагрузка были смоделированы при помощи стандартного набора блоков из библиотеки Matlab Simulink, а логи-

ческая часть, которая выдает управляющее воздействие на выключатели, разрабатывалась отдельно. Годограф сопротивления также снимался с логического блока (рис. 2).

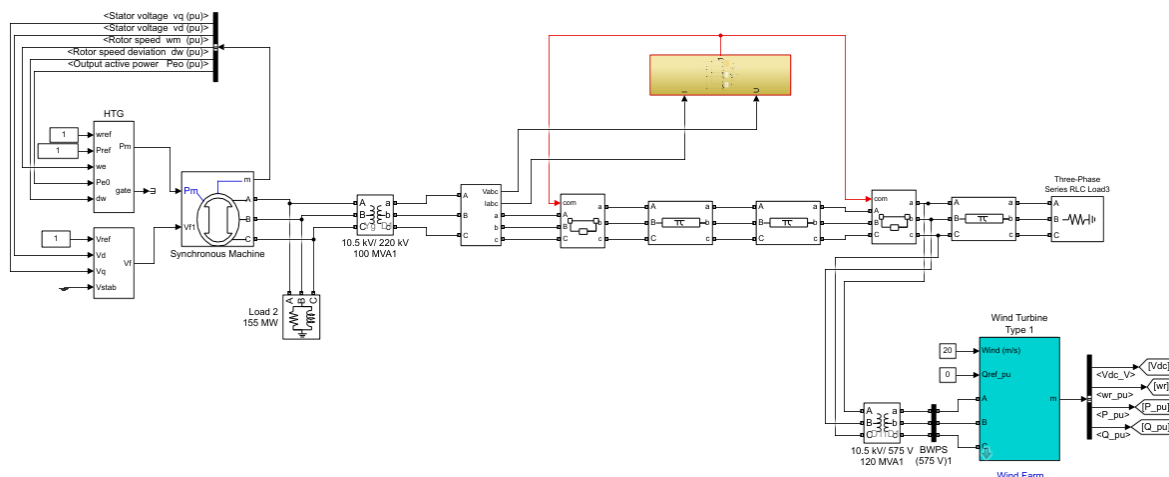


Рис. 2. Реализация схемы в ПК Matlab Simulink

Анализ срабатывания дистанционной защиты

Было проведено две серии экспериментов. В первой серии источником энергии выступали два турбогенератора, во второй серии – один из турбогенераторов заменили на ветрогенератор. Стоит отметить, что при добавлении в схему возобновляемого источника энергии, его мощность была аналогична мощности заменяемого турбогенератора. Далее мощность ветрогенератора менялась, чтобы оценить наиболее значимое влияние ветрогенератора на срабатывание дистанционной защиты.

В экспериментах без ветрогенератора годограф сопротивления надежно попадает в характеристику срабатывания, и дистанционная защита отключает линию. На рисунке 3 показано срабатывание 1, 2 и 3 ступеней.

Далее заместим 50 % генерации от традиционных источников энергии на энергию от ветрогенератора и повторим опыты с коротким замыканием. По рисунку 4 видно, что наименьшее влияние ветрогенератор оказал на 1 ступень ДЗ. Влияние на вторую ступень было самым значительным, защита не сработала. Это объясняется тем, что при оценке срабатывания 2 ступени ДЗ, короткое замыкание моделировалось в конце защищаемой ВЛ, как раз в месте подключения ветрогенератора, что увеличивает его влияние. При КЗ на смежной линии, годограф сопротивления попадает практически на грань характеристики, тем самым создавая риск несрабатывания 3 ступени.

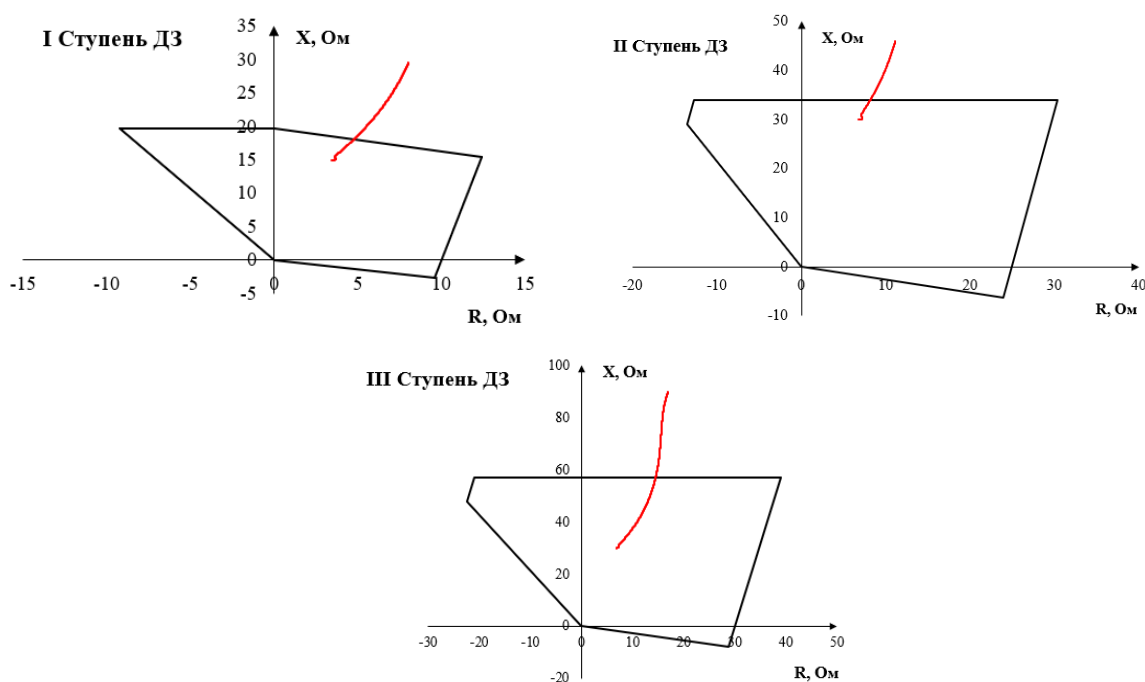


Рис. 3. Действие дистанционной защиты в сети с традиционным источником энергии

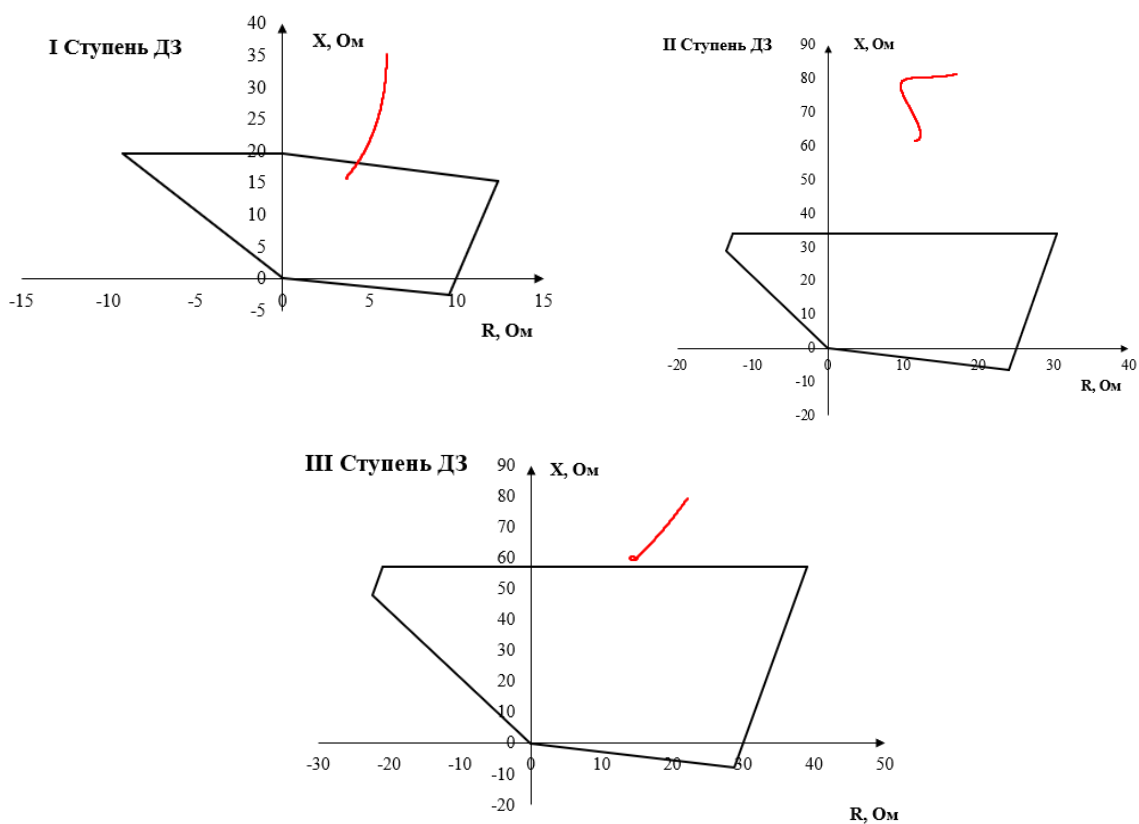


Рис. 4. Действие дистанционной защиты в сети с традиционным источником энергии и ветрогенератором

Выводы

1. Наличие ветрогенерации наибольшим образом повлияло на срабатывание II и III ступеней ДЗ.
2. При замещении 50% и более процентов мощности от возобновляемых источников энергии, существует риск несрабатывания II и III ступеней ДЗ.
3. Влияние было наибольшим при приближении КЗ к месту подключения ВИЭ.
4. Решение данной проблемы заключается в автоматической смене уставок на терминалах релейной защиты при приближении мощности ВИЭ к 50% от мощности традиционных источников энергии. При этом нужно учитывать возникновение возможных неселективных действий, так как для отстройки от режима, при котором замещается более 50% мощности традиционных источников энергии, необходимо увеличивать характеристику срабатывания дистанционной защиты.
5. Для лучшей оценки влияния ВИЭ на срабатывание дистанционной защиты ЛЭП необходим большой объем статистических накоплений режимов работы ветрогенератора.

Список литературы:

1. Manishkumar, P «IMPACT OF WIND ENERGY ON DISTANCE PROTECTION OF TRANSMISSION LINES» / Manishkumar Panchal. – Текст : электронный // материалы 31-ой Ежегодной конференции по электротехнике и вычислительной технике Newfoundland, Канада, Ноябрь 2022.
2. Юдаев, И. В. Возобновляемые источники энергии : учебник / И. В. Юдаев, Ю. В. Даус, В. В. Гамага. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 328 с. – ISBN 978-5-8114-4680-3.
3. Martínez, J «Short circuit signatures from different wind turbine generator types» / J. Martínez, P. C. Kjar, P. Rodriguez, R. Teodorescu. – Текст : электронный // материалы конференции IEEE/PES, Аризона, 2021.
4. Grillo, S «Transient support to frequency control from wind turbine with synchronous generator and full converter» / S. Grillo, M. Marinelli, F. Silvestro, F. Sossan. – Текст : электронный // материалы 45-ой Энергетической конференции университетов, США, Август 2022.

Информация об авторе:

Ходков Тимур Сергеевич, специалист I категории отдела расчетов параметров настройки устройств релейной защиты и автоматики службы релейной защиты и автоматики, Филиал АО «СО ЕЭС» Кемеровское РДУ, 650000, г. Кемерово, Кузнецкий проспект, д. 28, rduadm@kuzb.so-ups.ru