

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКЛЮЧЕНИЯ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ВХОДЕ ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Мархиев А.Х.

Донской государственный технический университет, г.Ростов-на-Дону

Ключевые слова: короткое замыкание на шинах постоянного тока, автономный инвертор напряжения, релейная защита, компьютерное моделирование.

Аннотация. Одной из возможных аварийных ситуаций с инвертором в составе солнечной электростанции является внешнее короткое замыкание на шинах постоянного тока. Результаты компьютерного моделирования показывают, что индикаторы этой аварии для релейной защиты: скоротечное исчезновение напряжения питания (для защиты минимального напряжения), изменение направления протекания постоянного тока (для продольной дифференциальной защиты).

SIMULATION OF SHORT CIRCUIT DISCONNECTION AT THE INPUT OF THE SOLAR POWER PLANT VOLTAGE INVERTER

Markhiev A.Kh.

Don State Technical University, Rostov-on-Don

Keywords: short circuit on DC buses, autonomous voltage inverter, relay protection, simulation.

Abstract. One of the possible accidents with an inverter in a solar power plant is an external short circuit on the DC buses. The simulation results show that the indicators of this failure for relay protection are: transient disappearance of the supply voltage (for minimum voltage protection), change in the direction of direct current flow (for longitudinal differential protection).

Одним из важных трендов современной российской энергетики является существенный рост строительства солнечных электростанций (СЭС) на основе фотоэлектрических преобразователей (ФЭП). Численность крупных СЭС в России в 2019 году достигла 51 (более 1МВт). В работах [1 - 3] даны варианты архитектуры построения различных СЭС, в том числе пригодных для работы параллельно с сетью переменного тока. Поскольку ФЭП являются источниками постоянного напряжения, а электрические сети работают на частоте 50 Гц, то необходимым элементом СЭС является автономный инвертор напряжения (АИН) [2]. Достаточная величина постоянного напряжения на входе АИН в [3] обоснована как 650 В. Современные АИН не позволяют получать синусоидальную форму напряжения на выходе. Для улучшения электромагнитной совместимости АИН с сетью включают на выходе преобразователя синус-фильтр, сглаживающий форму выходного напряжения до практически синусоидальной [2].

Целесообразно использовать для работы в составе СЭС мощные АИН, выпускаемые промышленностью, применяемые в составе преобразователей частоты. Например, Веспер EI-7009-1000H. Его номинальная выходная мощность 800 кВт. Действующее значение номинального выходного тока фазы 1600 А,

номинальное линейное напряжение на выходе 380 В. Мощность АИН ограничивает, таким образом, мощность и ток секции СЭС. Т.е., установленная мощность СЭС может наращиваться посекционно.

Для АИН в составе схемы СЭС возможны следующие аварийные ситуации, связанные с появлением сверхтоков: 1) внешнее короткое замыкание на шинах постоянного тока (на входе АИН); 2) внешнее короткое замыкание на шинах переменного тока (на выходе АИН); 3) недопустимая перегрузка или короткое замыкание у потребителя; 4) внутреннее повреждение силового ключа АИН или сбой в алгоритме управления ключами, приводящий к недопустимому включению транзисторов. Предупреждение внутренних повреждений и сбоев управления ключами АИН возложено на драйверы полупроводниковых ключей.

Отключение внешних коротких замыканий возлагается прежде всего на защиту минимального напряжения, продольную дифференциальную защиту и на максимальную токовую защиту. Последняя также отключает перегрузки. В настоящее время наиболее широко применяются автоматические выключатели с термомагнитными и электронными расцепителями. Последние предоставляют наиболее широкие возможности настройки алгоритма функционирования защиты.

Смоделируем на компьютере внешнее короткое замыкание на шинах постоянного тока (на входе АИН) и его отключение. Воспользуемся моделью АИН и нагрузки, описанной в [4]. Принципиальная электрическая схема АИН в аварийном режиме показана на рис. 1 (синус-фильтр [2] между выходом АИН и входом нагрузки не показан для простоты).

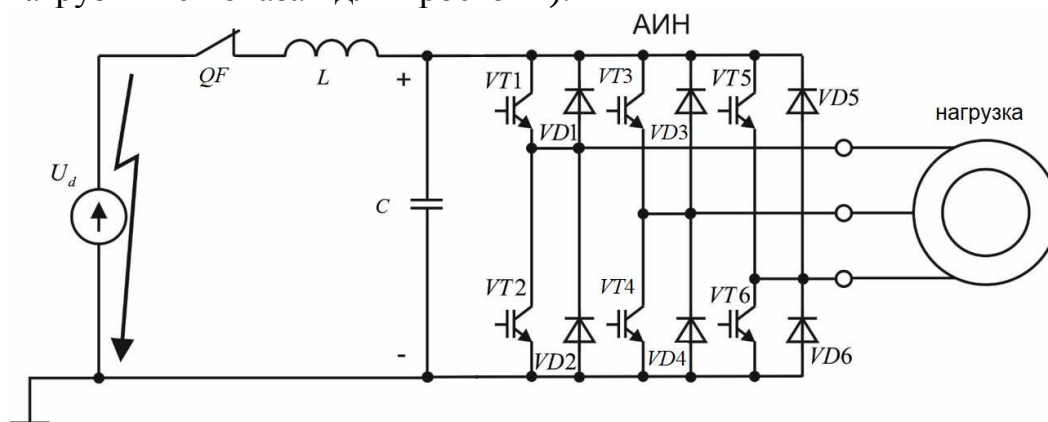


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема АИН при внешнем коротком замыкании на шинах постоянного тока

При возникновении внешнего короткого замыкания напряжение на входе Г-образного фильтра (C, L) падает до нуля. Начинает падать напряжение U_d звена постоянного тока, поскольку емкость C через реактор L и автоматический выключатель QF (ток через него сначала спадает до нуля, а затем возрастает с противоположной полярностью, см. рис. 2) разряжается в цепь короткого замыкания. Система управления через 0,005 с распознает короткое замыкание и снимает сигналы управления с транзисторов АИН. В то же самое время в катушку QF подается сигнал на отключение QF . Размыкание контактов последнего начинается через 0,0073 с после момента короткого замыкания и длится 0,0229 с.

Моделирование показало, что использование релейной защиты эффективно ограничивает ток внешнего короткого замыкания. Признак смены направления тока (график 1 на рис. 2) может быть использован в качестве индикатора внешнего короткого замыкания на шинах постоянного тока наряду с признаком скоротечного исчезновения входного напряжения (график 5 на рис. 2).

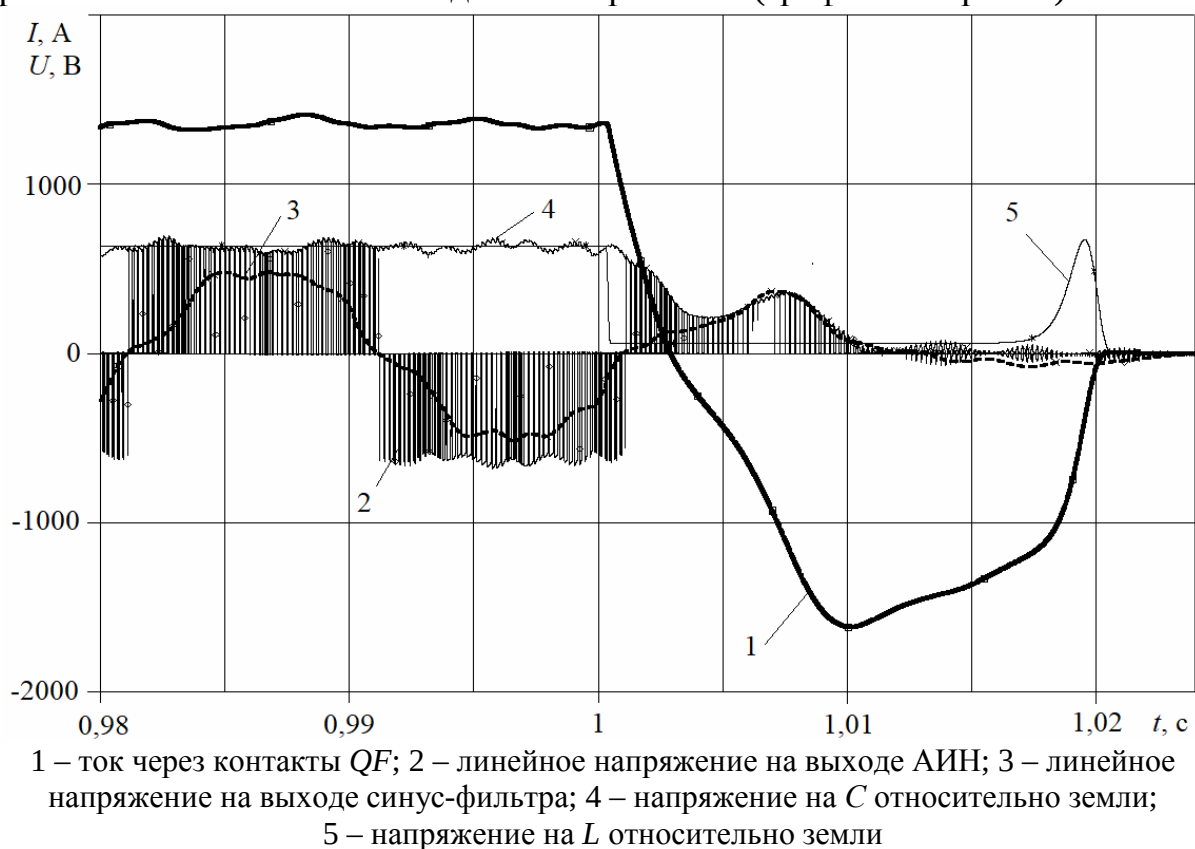


Рис. 2. Результаты компьютерного моделирования работы релейной защиты АИН при внешнем коротком замыкании на шинах постоянного тока

Список литературы

1. Лобов Б.Н., Колпахчян П.Г., Белокопытов С.А., Аль Джурни Рагхад Али Маджид. Выбор структуры фотоэлектрической системы электроснабжения // Электротехника. 2015. №7. С.36-41.
2. Колпахчян П.Г., Лобов Б.Н., Аль Джурни Рагхад А.М. Математическое моделирование процессов в автономном инверторе напряжения // Известия вузов. Электромеханика. 2015. №4(540). С. 38-41.
3. Колпахчян П.Г., Аль Джурни Рагхад А.М. Выбор величины напряжения во вспомогательной линии постоянного тока фотоэлектрической системы // Известия вузов. Электромеханика. 2015. №2(538). С. 53-55.
4. Кабалык Ю.С., Гуцол А.А. Повышение энергоэффективности асинхронного тягового привода локомотивов // Электропривод на транспорте и в промышленности. Труды II Всероссийской научно-практической конференции. Хабаровск. 2018. С. 40-44.

Сведения об авторе:

Мархиев Ахмет Хусенович – студент ДГТУ, г. Ростов-на-Дону.