

ИНТЕГРАЦИЯ БЛОКА АВТОМАТИЧЕСКОГО ВВОДА РЕЗЕРВА В МОДЕРНИЗИРУЕМЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

***Аннотация:** Износ оборудования распределительных сетей составляет более 70 %, и у некоторых эксплуатирующих организаций отсутствует возможность выделения средств для их полной реконструкции. Особую угрозу составляют изношенные коммутационные аппараты, срок службы которых нередко превышает в два и в три раза допустимый. На бесконечное обслуживание, поиск запасных частей и ремонт таких выключателей тратят много ресурсов, но не могут решить ситуацию, и их надежность переходит в критический уровень. Последствия того, что при аварийной ситуации выключатель не сможет отключить питание, могут быть значительными и грозить предприятию непредвиденной остановкой технологического процесса.*

***Ключевые слова:** вакуумный выключатель, релейная защита, автоматический ввод резерва, электрическая сеть.*

INTEGRATION OF THE AUTOMATIC TRANSFER SWITCH IN THE MODERNIZED DISTRIBUTION NETWORKS

***Abstract:** Depreciation of equipment in distribution networks is more than 70%, and some operating organizations do not have the opportunity to allocate*

funds for their complete reconstruction. Worn-out switching devices pose a special threat, the service life of which often exceeds two and three times the permissible one. Endless maintenance, search for spare parts and repair of such switches spend a lot of resources, but they cannot solve the situation, and their reliability becomes critical. The consequences of the failure of the switch to turn off the power in an emergency can be significant and threaten the enterprise with an unexpected shutdown of the technological process.

Keywords: *vacuum circuit breaker, relay protection, automatic transfer switch, electrical network.*

Коммутационный аппарат является одним из самых ответственных элементов шкафов КРУ. При этом коммутационные аппараты (чаще всего это масляные выключатели) в большей степени подвержены износу. Несущая конструкция и элементы фасада шкафов, напротив, в большинстве случаев, несмотря на годы, сохраняются в хорошем состоянии. Замена выключателей, а при необходимости и других функциональных узлов, позволяет продлить срок службы шкафов КРУ до 30 лет.

С целью продления сроков эксплуатации оборудования, в распределительных сетях производят замену устаревших масляных выключателей на современные вакуумные. Эти работы совмещают с установкой комплексов БАВР (блоков автоматического ввода резерва), установка комплекса БАВР позволяет добавить быстродействующий ввод резерва взамен старой автоматики в распределительных сетях.

Назначение БАВР

Для обеспечения непрерывности сложных и ответственных технологических процессов производства разработаны системы АВР, отличающиеся сверхбыстродействием, — комплексы БАВР. Устройства БАВР сочетают в себе целый ряд пусковых органов, взаимодействующих

между собой согласно специфическим алгоритмам, позволяющим идентифицировать аварийные режимы, в которых требуется производить ввод резервного питания и в которых переключение на резервный источник питания осуществлять не следует. Системы БАРП позволяют решить обозначенные задачи за минимальное время, не требуя согласования по времени с устройствами релейной защиты и автоматики смежных элементов сети.

Защита трансформатора от фазовых замыканий

Фазовые замыкания в обмотке статора трансформатора могут привести к тепловому повреждению изоляции, обмоток и сердечника. Первичная защита трансформатора от межфазных замыканий лучше всего обеспечивается дифференциальным реле (87Т), используемым для защиты блока. Дифференциальная релейная защита определяет междуфазное короткое замыкание, трехфазное короткое замыкание и двухфазные замыкания на землю.

Автоматический ввод резерва

Назначение данной системы в электрике схоже с организацией бесперебойного питания. Главная задача автоматического ввода резервного питания — это быстрое восстановление электроснабжения без участия в этом процессе человека. На больших подстанциях всегда имеется два ввода на две, разделённые секционным выключателем, секции распределительного устройства, работающие автономно друг от друга. Согласно ПУЭ (правила устройства электроустановок), автоматическое подключение резервного питания и снабжение на 2 ввода является обязательной мерой обеспечения электричеством потребителей первой категории.

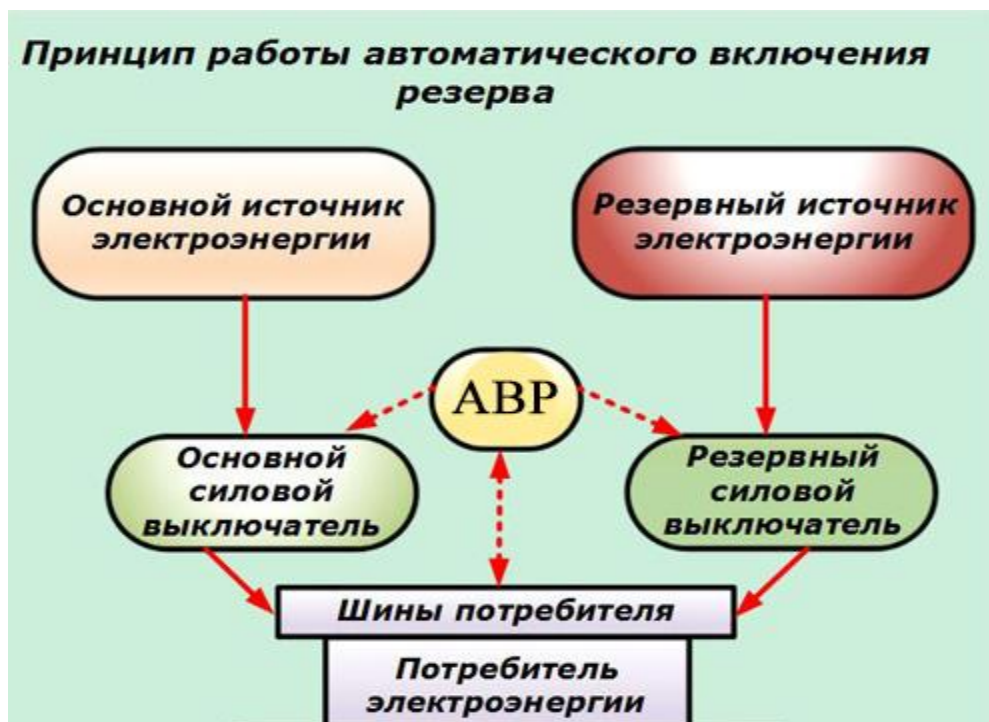


Рисунок 1 – Принцип работы АВР

Требования к системе

Основными требованиями, предъявляемыми к системам АВР являются:

- Быстродействие.
- Надёжность включения.
- Подача напряжения только если на участке нет короткого замыкания, то есть обязательно должна быть блокировка при КЗ.
- Однократность срабатывания.
- Возможность настройки порога включения резервного электроснабжения, чтобы она не срабатывала, например, при просадках напряжения во время запуска мощных электродвигателей.
- Срабатывание только при условии, если на резервном вводе есть электроэнергия.

Классификация АВР и варианты реализации

Осуществляться резервное питание и его автоматический ввод может от отдельного генератора, аккумуляторной батареи либо отдельной линии.

В свою очередь все системы АВР по своему действию делятся на:

- **Односторонние.** Одна секция или же ввод является рабочим (основным), а второй резервный. В случае исчезновения рабочего напряжения включается резерв.

- **Двухсторонние.** Когда существуют две отдельно питающиеся секции и соответственно две линии являются рабочими, и при отключении одной любой из них, другая является резервной.

Также АВР может быть с восстановлением питания по нормальной схеме и без него. Во втором случае происходит полное погашение нерабочей сети и даже при повторном возобновлении питания схема не будет работать как прежде по двум линиям.

АВР на аккумуляторах

С развитием преобразователей, трансформирующих постоянный ток в переменный, появляется возможность использовать, например, автомобильный аккумулятор в качестве источника резервного питания. Помимо аккумулятора, понадобится приобрести современный автомобильный инвертор, преобразующий 12 Вольт постоянного напряжения в 220 Вольт переменного.

Правда, этот источник вряд ли можно использовать для силовой нагрузки, но цепи освещения он может легко обеспечить стабильным напряжением на время непродолжительной аварии на линии. При этом длительность работы будет зависеть от мощности потребителей и емкости аккумуляторов.

Для увеличения ёмкости можно параллельно подключить несколько аккумуляторных батарей. Схема соединения самой системы АВР может быть реализована с помощью пускателя.

Организация АВР в высоковольтных цепях

Для того чтобы выполнить организацию автоматического резервирования в цепях с напряжением больше 1000 Вольт, в качестве элемента, измеряющего и контролирующего сетевую энергию, служит

специальный трансформатор напряжения, на вторичной обмотке которого в нормальном режиме работы 100 Вольт. Для связи его с системой АВР используется реле минимального напряжения или же реле контроля фаз. Оно реагирует не только на понижение величины сетевого напряжения, но и на исчезновение хотя бы одной фазы, например, при обрыве воздушной линии ВЛ. Здесь уже обязательно выполнение всех требований, касающихся правильного вводу АВР, а иногда даже при системе с восстановлением устанавливается выдержка времени на возврат в исходную первоначальную конфигурацию.

Моделирование режимов работы быстродействующего АВР в сети собственных нужд

Для анализа режимов работы БАВР была принята расчетная схема сети, которая представлена на рисунке 2. Данная схема представлена трехфазной и состоит из: источника питания (1), сопротивления трансформатора ТРДЦН-63000 (2), сопротивления реактора РБСГ- 10-2*1600 (3), вводного выключателя (4), двигателя СТД 1600-2 (5) и его системы возбуждения (6). Также учитывалась механическая нагрузка (7), действующая на вал двигателя.

Схема, представленная на рисунке 3 отличается от первой наличием элемента трехфазного КЗ (8).

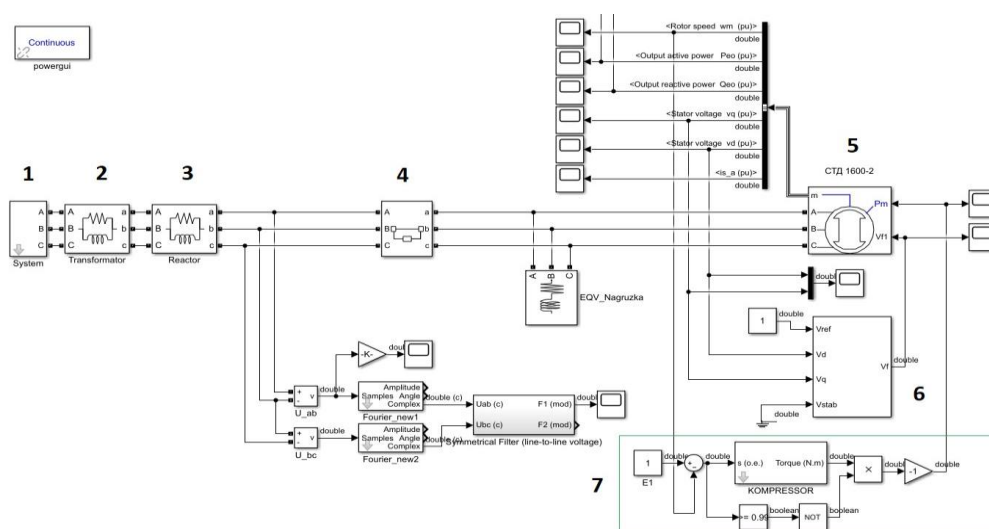


Рисунок 2 – Схема для моделирования режима перерыва питания (ПП)

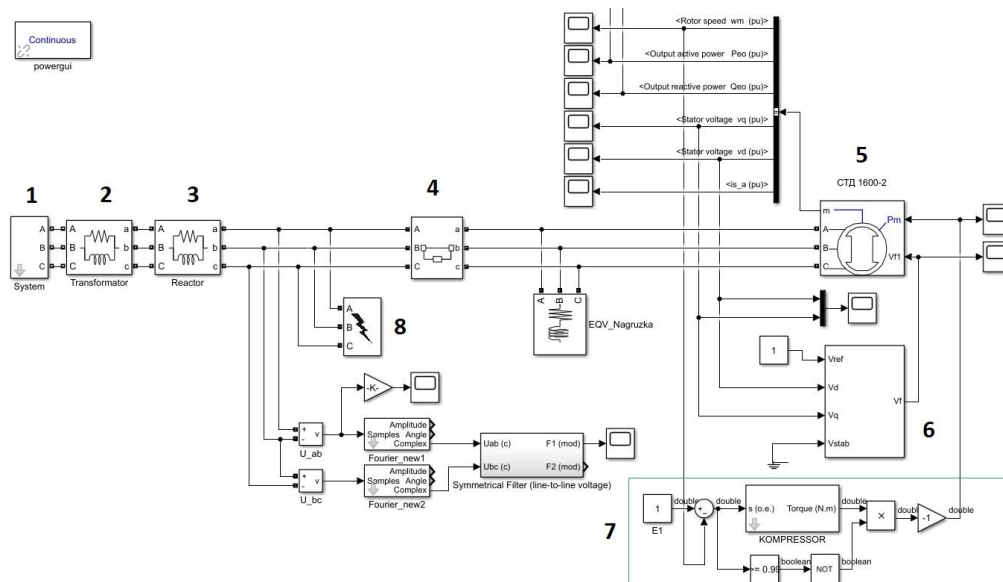


Рисунок 3 – Схема для моделирования режима КЗ до вводного выключателя

Двигатель серии СТД с номинальной частотой вращения 3000 об/мин относится к двигателям с массивным гладким ротором. В отличие от двигателей с шихтованным ротором, имеющих сосредоточенную демпферную обмотку, система демпферных контуров данных двигателей распределена по всей бочке ротора. Следовательно, индуктивные сопротивления ротора по продольной и поперечным осям равны ($X_d = X_q$), также равны активные и индуктивные сопротивления рассеяния по продольной и поперечной осям соответственно. Однако сверхпереходные сопротивления не равны, поскольку обмотка возбуждения расположена по продольной оси. Все эти особенности отражены в параметрах двигателя. Используемые параметры для моделирования приведены на рисунке 4.

Параметр T_q'' принят равным T_d'' , как для машины без демпферных контуров. Также, дополнительно было проведено исследование при изменении данного параметра на $\pm 20\%$ в исследуемых режимах. В результате чего было установлено, что данное допущение не вносит существенных изменений на полученные результаты моделирования.

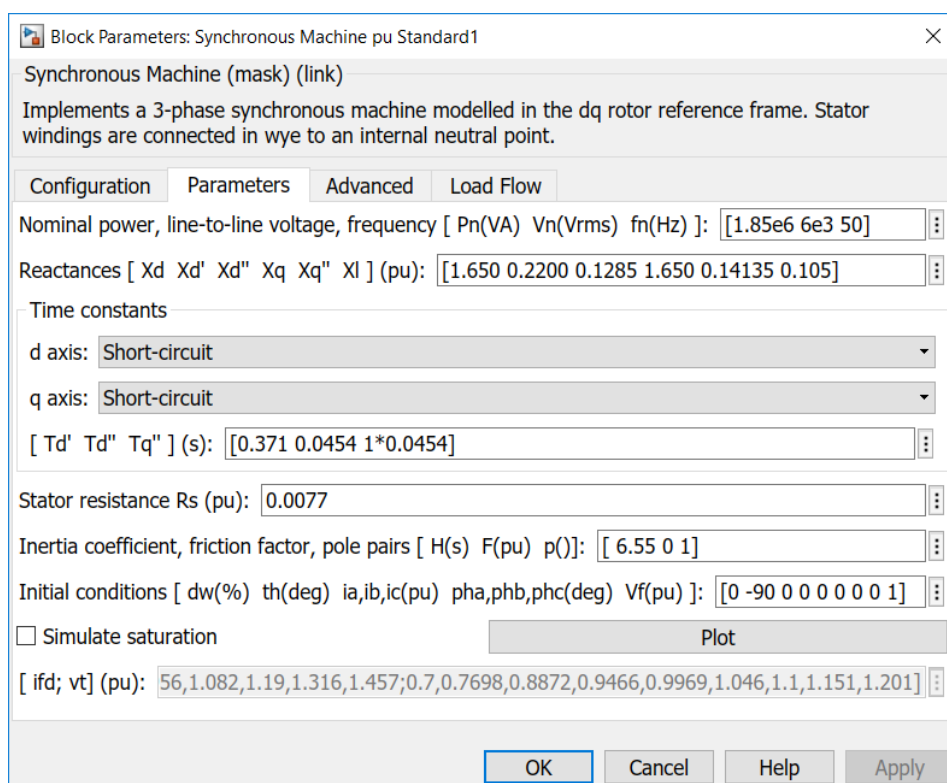


Рисунок 4 – Данные на двигатель СТД 1600

Заключение по моделируемому режиму перерыва питания и последующего включения резервного источника питания:

1. Необходимость замены выключателей и использование комплекса БАРВ подтверждается

Согласно паспортным данным на выключатель Shneider Electric Evolis максимальное полное время включения выключателя составляет 71 мс. Учитывая, что максимальное время работы БАРВ составляет 10 мс, то полное максимальное время переключения на резерв составляет 81 мс. Следовательно, это больше полученного в модели максимального времени перерыва питания (81 мс > 78 мс) и поэтому существует вероятность возникновения такого режима, при котором не удастся осуществить включение резерва до первого проворота вектора за 30 °. Поэтому, последующее включение будет осуществляться в момент времени 10,630 с. За время 630 мс возможно отпадут контакторы и/или отработает защита двигателя.

Предположительно возможно уменьшить времена коммутации путем замены существующих выключателей на выключатели Таврида Shell_FT2 с соответствующим блоком управления.

Согласно паспортным данным на выключатель Таврида Shell_FT2 максимальное полное время включения выключателя составляет 22 мс. Учитывая, что типичное время работы БАВР составляет 10 мс, то минимальное время переключения на резерв составляет 32 мс. Это позволит осуществить включение резерва до первого проворота вектора.

Также, в дополнение к вышесказанному.

2. Снижение напряжения и возрастание токов

За время 630 мс можно заметить значительное и продолжительное снижение напряжения, что показано на рисунке 3.18. На данное напряжение отработает вторая ступень защиты 27/27s, если она действует на отключение. Также, как следствие возросшие пусковые токи статора, могут иметь негативные последствия. Характер изменения тока статора при включении через 630 мс приведен на рисунке 3.20.

Заключение

В данной работе представлено подробное описание возможных исполнений комплекса автоматического ввода резерва. Приведены вариации использования комплекса с различными устройствами питания. Внедрение комплексов БАВР совместно с современными вакуумными выключателями позволит значительно сэкономить бюджеты заказчиков на замену оборудования целиком, а также позволит значительно продлить срок службы действующих РУ, что подтверждается проведенным моделированием работы БАВР. Использование комплекса БАВР совместно с вакуумным выключателем Таврида Shell_FT2 позволяет сохранить нормальный режим работы оборудования, тем самым продлевая его безаварийный срок эксплуатации. Внедрение комплекса совместно с вакуумным выключателем

позволит повысить экономическую эффективность оборудования, ввиду снижения числа выводов в ремонт и его простоя.

Список литературы:

1. Правила устройства электроустановок: 7–е издание (ПУЭ) / Главгосэнергонадзор России. М.: Изд–во ЗАО «Энергосервис», 2007. – 610 с.
2. Замена масляных выключателей на вакуумные (<https://etmz.ru/zamena-maslyanuh-vukluchateley-na-vakuumnue/>, 23.11.2021)
3. Системы сверхбыстродействующего ввода резервного питания (<https://www.tavrida.com/ter/solutions/FTS10/>, 23.11.2021).
4. Быстродействующий автоматический ввод резерва (БАВР) (<https://www.szemo.ru/inzhiniring/elektrosnabzhenie/prosadki-i-perenapryazheniya/bystrodeystvuyushchiy-avtomaticheskij-vvod-rezerva-bavr/>, 23.11.2021).