

УДК 621.316

Голованов Игорь Григорьевич,
к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»
e-mail: golovanov_ig@mail.ru

Ершов Егор Витальевич,
обучающийся группы ЭЭ-20-1, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»

Зайцев Денис Артёмович,
обучающийся группы ЭЭ-20-1, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»

Леб Максим Сергеевич,
обучающийся группы ЭЭ-20-1, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»

Михалёв Андрей Викторович,
обучающийся группы ЭЭ-20-1, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»

Потапов Илья Николаевич,
обучающийся группы ЭЭ-20-1, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»

Шалашова Юлия Владимовна,
обучающаяся группы ЭЭ-20-1, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет».

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИКИ ОГРАНИЧЕНИЯ СНИЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Golovanov I.G., Ershov E.V., Zaitsev D.A., Leb M. S., Mikhalev A.V., Potapov I.N., Shalashova Y.V.

FEATURES OF THE USE OF AUTOMATIC DEVICES FOR LIMITING VOLTAGE REDUCTION IN POWER SUPPLY SYSTEMS OF THE IRKUTSK REGION

Аннотация. Рассмотрены основные вопросы внедрения, достоинства и недостатки применения микропроцессорных систем автоматики ограничения снижения напряжения в системах электроснабжения Иркутской области в свете требований приказа №108 Минэнерго России от 28.02.2023 г.

Ключевые слова: электроэнергетика, релейная защита, противоаварийная автоматика, переходный процесс в электрической сети, надёжность электроснабжения.

Abstract. The main issues of implementation, advantages and disadvantages of the use of microprocessor-based automation systems for limiting voltage reduction in power supply systems of the Irkutsk region in the light of the requirements of Order No. 108 of the Ministry of Energy of Russia dated 02/28/2023 are considered.

Keywords: electric power industry, relay protection, emergency automation, transient process in the electric network, reliability of power supply.

Учитывая современное состояние и темпы развития электроэнергетики России правительство Российской Федерации приняло план дальнейшего развития (модернизации) электроэнергетики РФ, который изложен в приказе № 108 Минэнерго России от 28.02.2023 г. «Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетических систем России на 2023–2028 годы». В нём говорится, что установленная мощность

электростанций единой энергетической системы (ЕЭС) России на начало 2023 года составила 247,6 тыс. МВт [1]. Прогноз потребления электрической энергии и мощности в период с 2023 до 2028 годов по ЕЭС России должен вырасти на 85,8 млрд. кВт·ч [1]. Этот план разработан на основе сложившейся структуры потребления электрической энергии с учётом планов уже действующих крупных потребителей. В прогнозе потребления

электрической энергии учтено свыше 1300 инвестиционных проектов. На территории Иркутской области в период с 2023 по 2028 годы должно быть реализовано до 89 проектов по строительству новых и модернизации действующих объектов электроэнергетического назначения. Одним из направлений модернизации электроэнергетических систем России является введение на подстанциях системы автоматического ограничения снижения напряжения (АОСН). Устройство АОСН: это микропроцессорное устройство противоаварийной автоматики, реализующее функцию АОСН, как выполненное в виде отдельного устройства противоаварийной автоматики, так и в виде микропроцессорного устройства релейной защиты и автоматики (РЗА), в котором реализована функция АОСН [2-3].

АОСН предназначена для предотвращения недопустимого по условиям устойчивости нагрузки и возникновения лавины снижения напряжения в узлах энергосистемы, нарушений технологических процессов на электростанциях и крупных промышленных предприятиях, прекращения электроснабжения потребителей. Устройства АОСН действуют на:

- увеличение генерации реактивной мощности (осуществляют форсировку и увеличивают уставки регуляторов возбуждения синхронных компенсаторов (СК), генераторов, форсировку конденсаторов и иных источников реактивной мощности (ИРМ);

- уменьшение потребления реактивной мощности (отключение шунтовых реакторов, отключение нагрузки (при наличии обоснований)). Допускается совмещение действия устройств АОСН и автомата ограничения снижения частоты (АОСЧ) на отключение нагрузки.

Устройства АОСН контролируют величину снижения напряжения с учётом его длительности. Для прогнозирования возникновения процесса лавины напряжения устройства АОСН могут контролировать изменение величины реактивной мощности и величину производной изменения реактивной мощности от изменения напряжения.

Требования к размещению и управляющим воздействиям АОСН:

- обоснование применения АОСН следует производить с учетом зависимости нагрузки от напряжения, наличия автоматического регулирования напряжения под на-

грузкой (АРПН) на понизительных трансформаторах, конденсаторных батареях, схемы и режимов электрической сети;

- для АОСН рекомендуется следующая очередность применения управляющих воздействий: отключение реакторов, включение батарей статических конденсаторов (БСК), форсировка и увеличение уставок возбуждения синхронных конденсаторов, генераторов электростанций, деление сети, отключение нагрузки;

- как правило, АОСН следует выполнять с пуском по напряжению ступенями с разными выдержками времени. Выдержки времени должны обеспечивать отстройку автоматики от автоматического повторного включения (АПВ), автоматического ввода резерва (АВР) и т.д., и сводить к минимуму вероятность неправильного срабатывания устройств при полной потере напряжения вследствие неуспешных АПВ, отключений линий электропередачи распределительной сети и т.д.;

- для повышения эффективности и быстродействия АОСН рекомендуется учитывать скорость изменения напряжения;

- в тех случаях, когда не обеспечивается достаточная эффективность АОСН при контроле напряжения в месте установки устройства (например, в узлах с преобладанием синхронных двигателей, нарушение динамической устойчивости которых происходит значительно быстрее, чем у генераторов), рекомендуется применять более сложные устройства с фиксацией режимных параметров, изменений в схеме на разных участках энергосистемы телепередачей сигналов;

- минимально допустимые и аварийно допустимые напряжения в узлах с мощными электродвигателями или высокой долей электродвигательной нагрузки определяются на основании нормируемых коэффициентов запаса и критических по устойчивости напряжений ($U_{кр}$) [4]. Критическое напряжение в узлах такой нагрузки 110 кВ и выше при отсутствии более точных данных следует принимать равным $U_{кр} = 0,7 \cdot U_{ном}$, где $U_{ном}$ – номинальное напряжение в рассматриваемом узле. Коэффициенты запаса в нормальном режиме должны быть не ниже 1,15, а послеаварийном режиме не ниже 1,1. При этом минимально допустимым напряжением является величина $1,15 \cdot U_{кр}$, аварийно допустимым напряжением – величина $1,1 \cdot U_{кр}$.

Основными факторами, которые влия-

ют на устойчивость по напряжению, является образование дефицита реактивной мощности в узлах нагрузки, аварийные возмущения и внезапные изменения нагрузки потребителей. Дефицит пропускной способности линий электропередач (ЛЭП) с удалёнными узлами нагрузки и отсутствии источников реактивной мощности в них могут привести к такому виду неустойчивости электроэнергетической системы (ЭЭС), как лавина напряжения.

Известно, что существенное влияние на функционирование нагрузки оказывают внешние возмущения, сопровождающиеся провалами напряжения:

- однофазные короткие замыкания (КЗ) на ЛЭП при АПВ;
- однофазные КЗ на ЛЭП с успешным действием АПВ;
- двухфазные КЗ на ЛЭП при неуспешном действии двухфазного АПВ.

Задача обеспечения устойчивости энергосистемы обычно рассматривается в первую очередь как требование обеспечить параллельную работу генераторов. Однако закономерно, что в эксплуатационной практике последних лет всё больший удельный вес приобретают задачи, которые обеспечивают бесперебойную работу промышленных предприятий. Это обусловлено ростом их потребления электроэнергии, а также усложнением и автоматизацией технологических процессов, т.е. теми факторами, которые, с одной стороны, приводят к увеличению ущерба от кратковременных нарушений нормального электроснабжения, а с другой стороны к усилению влияния переходных процессов в нагрузке на режимы ЭЭС. В этом случае сами переходные процессы в нагрузке могут становиться источником возмущений, опасных для нормальной работы ЭЭС. Здесь имеются в виду такие случаи, когда КЗ происходят не в системообразующих ЛЭП, а в питающих линиях 110 и 220 кВ или даже в районных электросетях, которые вызывают большие и резкие изменения потребляемой мощности. Одним из основных принципов работы АОСН является наблюдение за текущими значениями напряжения в режиме реального времени. Для этого в системе устанавливаются датчики и измерительные устройства, которые постоянно кон-

тролируют уровень напряжения в электрической сети. Если значение напряжения превышает определенную предельно допустимую величину, то система срабатывает и принимает меры по снижению нагрузки или восстановлению напряжения. Для корректного функционирования АОСН необходимо иметь информацию о топологии и параметрах электрической сети. Эта информация содержится в базе данных системы, которая позволяет управлять и контролировать рабочие параметры сети. На основе анализа полученных данных и заданных алгоритмов, система принимает решения о необходимости вмешательства и оптимальных действиях для обеспечения стабильной работы электроснабжения.

В качестве АОСН использует два реле напряжения с близким к единице коэффициентом возврата, присоединенным по цепям напряжения на разные трансформаторы напряжения и реле времени. Выдержки времени АОСН обычно составляют от 5 до 15 с, при этом выдержка времени первой ступени должна обеспечить отстройку от действия сетевых автоматов – АПВ и АВР. При возникновении аварийных ситуаций, помимо наличия резервов реактивной мощности, в ЭЭС необходима их координация выдачи реактивной мощности по узлам нагрузки за наименьшее время.

К достоинствам АОСН относятся: повышение эффективности работы электрической системы, предотвращение повреждений оборудования, продление срока службы оборудования, улучшение качества электроснабжения, снижение потерь энергии.

Недостатком АОСН является то, что в аварийных режимах в работу вступает АОСН, но она не всегда является эффективной, т.к. не обладает достаточной гибкостью и адаптивностью выдачи управляющих воздействий, что в ряде случаев может приводить к их избыточности или недостаточности, и, как следствие, к выходу за границы допустимых значений. Поэтому в целях сохранения устойчивости по напряжению необходима разработка интеллектуальных средств противоаварийного управления, которые должны координировать локальные устройства с учётом устранения вышеупомянутых недостатков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетических систем России на 2023 – 2028 годы.– Текст: электронный // Приказ Минэнерго России №108 от 28.02.2023 г. <https://minenergo.gov.ru/node/24125> (дата обращения 04.11.2023)

2. Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Релейная защита и автоматика. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Устройства автоматики ограничения снижения напряжения. Нормы и требования. – Текст: электронный // федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р 70411 – 2022. <https://files.stroyinf.ru/Data/790/79007.pdf> (дата обращения 04.11.2023)

3. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика энергосистем. Условия организации процесса. Условия создания объекта. Нормы и требования. – Текст: электронный //АО «Системный оператор Единой энергетической системы» https://www.soups.ru/fileadmin/files/laws/standards/Emergency_control.pdf (дата обращения 04.11.2023)

4. РД 34.35.113 Руководящие указания по противоаварийной автоматике энергосистем: (Основные положения)/. Утв. Главтехупр. Минэнерго СССР 23.09.86. – Текст: электронный //Разраб. ВНИИЭ, Энергосетьпроект, ЦДУ ЕЭС СССР, НИИПТ.-М.: СПО Союзтехэнерго, 1987. https://www.ros teplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=2060 (дата обращения 04.11.2023).