

Обеспечение необходимой информацией является важным условием проведения оценки риска[7]. Вследствие недостатка статистических данных на практике рекомендуется использовать экспертные оценки и методы ранжирования риска, основанные на упрощенных методах количественного анализа риска. В этих подходах рассматриваемые события или элементы обычно разбиваются по величине вероятности, тяжести последствий и риска на несколько групп (или категорий, рангов), например, с высоким, промежуточным, низким или незначительным уровнем риска. При таком подходе высокий уровень риска может считаться (в зависимости от специфики производства), неприемлемым (или требующим особого рассмотрения), промежуточный уровень риска требует выполнения программы работ по уменьшению уровня риска, низкий уровень считается приемлемым, а незначительный вообще может не рассматриваться.

Количественные анализы риска позволяют оценивать и сравнивать различные опасности по единым показателям и наиболее эффективны:

- на стадии проектирования и размещения опасного производственного объекта;
- при обосновании и оптимизации мер безопасности;
- при оценке опасности крупных аварий на опасных производственных объектах, имеющих однотипные технические устройства (например, магистральные трубопроводы);
- при комплексной оценке опасностей аварий для людей, имущества и окружающей природной среды.

Перечисленные методы позволяют более качественно идентифицировать опасности, произвести оценку риска, разработать предупреждающие и корректирующие действия по профилактике травматизма и профессиональных заболеваний.

С целью снижения травматизма на производствах, при расчете профессионального риска необходимо учитывать не только факторы, определяющие уровень риска, но и методы управления ими, а также способы оценки эффективности и стоимости работ по снижению его уровня.

Список литературы: 1. *ГОСТ 12.0.230-2007. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования. ПЛО-OSH 2001.* 2. *Рекомендації щодо побудови системи управління охороною праці на виробництві (затверджено Головою Держгірпромнагляду 7.02.2008р).* 3. *Актуальные проблемы охраны труда и управления профессиональными рисками: материалы Международной научно-практической конференции (Пермь, 7-8 апреля 2009г)/Пермский государственный технический университет.* 4. Тихоненко В. В. Идентификация опасностей и оценка профессиональных рисков на АЭС – Киев: Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, 2009. – 7 с. 5. Стулов Д.С.. Оценка и управление рисками промышленных предприятий : Дис.канд. экон. наук : 08.00.05 : Н. Новгород, 2002 151 с. РГБ ОД, 61:03-8/726-9. 6. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов (утверждено Постановлением Госгортехнадзора России от 10.07.2001г № 30). 7. Грибан В.Г., Негодченко О.В. Охорона праці//Научний посібник. Днепропетровський державний університет внутрішніх справ – К.; - Центр учбової літератури. – 2009р. – 267с

Поступила в редколлегию 01.10.2010

УДК 621.313 Г61

В.В. ШЕВЧЕНКО, канд. техн. наук, доц., УИПА, г. Харьков

ОСОБЕННОСТИ ПУСКА И САМОЗАПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СОБСТВЕННЫХ НУЖД АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

У роботі розглянуті питання особливостей роботи електродвигунів приводів власних потреб блоку атомної станції. У аварійних режимах виконується захист від перевантажень за

допомогою струмових реле, якщо не забезпечується мимовільний пуск ЕД або з механізму не може бути зняте технологічне перевантаження без останову ЕД. Для забезпечення самозапуску особливо відповідальних ЕД достатньо, щоб напруга, що відновлюється, на введеннях двигуна досягла 70% від номінального.

В работе рассмотрены вопросы особенностей работы электродвигателей приводов собственных нужд блока атомной станции. В аварийных режимах выполняется защита от перегрузок с помощью токовых реле, если не обеспечивается самопроизвольный пуск ЭД или с механизма не может быть снята технологическая перегрузка без останова ЭД. Для обеспечения самозапуска особо ответственных ЭД достаточно, чтобы восстанавливающееся напряжение на вводах двигателя достигло 70% от номинального.

В настоящее время АЭС вырабатывают примерно 45 % всей производимой в мире электроэнергии. На территории Украины расположены четыре АЭС, доля вырабатываемой на них электроэнергии составляет примерно половину всей электроэнергии, вырабатываемой в нашей стране.

Весомым преимуществом атомной энергетики является то, что она при нормальной эксплуатации не выбрасывает в атмосферу оксидов серы и азота, приводящих к кислотным дождям, а также различные газы, вызывающие парниковый эффект, то есть АЭС является наиболее оптимальным источником получения электроэнергии с нанесением наименьшего ущерба экологии Земли. Кроме этого к преимуществам АЭС необходимо отнести и низкую себестоимость вырабатываемой электроэнергии, а также возможность размещения АЭС в местах концентрации потребителей.

Вместе с тем развитие ядерной энергетики выдвинуло серьезную проблему предотвращения аварий на АЭС, так как технические системы большой сложности и большой мощности, к которым и относятся объекты ядерной энергетики, создают определенную степень риска аварий, опасных для человека и окружающей среды. При этом даже единичная авария может иметь катастрофические последствия. Для Украины, в связи с нарастающим энергетическим кризисом из-за отсутствия в нашем государстве крупных запасов нефти и природного газа, а также истощения угольных залежей, развитие энергетики оказывается невозможным без развития ядерной энергетики. Понимая это, в 1995 году Верховной Радой Украины был отменен мораторий на строительство и прием в эксплуатацию новых энергоблоков. Все увеличивающиеся масштабы развития ядерной энергетики, в сочетании с необходимостью обеспечения безусловной надежности и безопасности АЭС, определяют высокие требования к качеству проектирования станций и их оборудования, строительства АЭС, изготовления и монтажа основного и вспомогательного оборудования, а также особенно к эксплуатации атомных электростанций.

АЭС с серийными энергоблоками ВВЭР-1000 представляет собой энергетический комплекс, состоящий, как правило, из нескольких отдельных блоков, в состав каждого из которых входит ядерная паровая производительная установка водо - водяного типа единичной мощностью 1000 МВт. Технологические схемы энергоблоков АЭС Украины двухконтурные. Первый контур радиоактивный, теплоносителем и замедлителем является обессоленная вода под давлением. В него входят главный циркуляционный контур (ГЦК) и ряд вспомогательных систем. ГЦК предназначен для отвода тепла, выделяющегося в реакторе и передачи его (в парогенераторе) воде второго контура. ГЦК включает водо - водяной энергетический реактор типа ВВЭР, например, ВВЭР-1000, и четыре циркуляционных петли. Каждая циркуляционная петля состоит из ПГ, ГЦН, главных циркуляционных трубопроводов.

Компенсация объема теплоносителя, предназначена для создания и поддержания постоянного давления, ограничения давления в переходных и аварийных режимах в 1 контуре. Компенсация осуществляется системой компенсации давления, состоящей из присоединенного к одной из петель компенсатора давления с предохранительными клапанами и барботером.

В ядерных реакторах, кроме ядерного горючего, имеется замедлитель нейтронов и управляющие стержни. Выделяемая энергия отводится теплоносителем. Основными элементами ядерного реактора является: ядерное горючее, замедлитель нейтронов (тяжелая или обычная вода, графит и др.), теплоноситель для вывода энергии, образующейся при работе реактора (вода, жидкий натрий и др.) и устройства для регулирования скорости реакции. Снаружи реактор окружат защитной оболочкой, задерживающей γ - излучение и нейтроны. Оболочку выполняют из бетона с железным заполнителем. Лучшим замедлителем является тяжелая вода. Обычная вода сама захватывает нейтроны и превращается в тяжелую воду. Хорошим замедлителем является графит, ядра которого не поглощают нейтронов.

Составными частями любого атомного реактора являются: активная зона с ядерным топливом, обычно окружённая отражателем нейтронов, теплоноситель, система регулирования цепной реакции, защита, система дистанционного управления. Основной характеристикой ядерного реактора является его мощность. Мощность в 1 МВт соответствует цепной реакции, в которой происходит (3×10^{16}) актов деления за 1 сек.

В активной зоне атомного реактора находится ядерное топливо, протекает цепная реакция ядерного деления и выделяется энергия. Состояние ядерного реактора характеризуется эффективным коэффициентом $K_{эф}$ размножения нейтронов или реактивностью ρ :

$$\rho = (K_{эф} - 1) / K_{эф}.$$

Если $K_{эф} > 1$, то цепная реакция нарастает во времени, ядерный реактор находится в надкритическом состоянии и его реактивность $\rho > 0$;

- если $K_{эф} < 1$, то реакция затухает, реактор – подкритичен, $\rho < 0$;

- при $K_{эф} = 1$, $\rho = 0$ реактор находится в критическом состоянии, идёт стационарный процесс и число делений постоянно во времени.

Для инициирования цепной реакции при пуске ядерного реактора в активную зону обычно вносят источник нейтронов (смесь Ra и Be, ^{252}Cf и др.), хотя это и не обязательно, т.к. спонтанное деление ядер урана и космические лучи дают достаточное число начальных нейтронов для развития цепной реакции при $K_{эф} > 1$. В качестве делящегося вещества в большинстве атомных реакторов применяют ^{235}U .

Если активная зона, кроме ядерного топлива (природный или обогащённый уран), содержит замедлитель нейтронов (графит, вода и др. вещества, содержащие лёгкие ядра), то основная часть делений происходит под действием тепловых нейтронов (тепловой реактор). В ядерном реакторе на тепловых нейтронах может быть использован природный уран, не обогащённый ^{235}U (такими были первые атомные реакторы). Если замедлителя в активной зоне нет, то основная часть делений вызывается быстрыми нейтронами с энергией $\xi > 10$ кэВ (быстрый реактор). Возможны также реакторы на промежуточных нейтронах с энергией 1 - 1000 эВ.

На рис. 1. приведена конструкция реактора АЭС.

Надежность работы реактора и блока АЭС во многом зависит от надежности и быстродействия в переходных режимах приводных электродвигателей (ЭД) технологических контуров собственных нужд (СН). Роторы синхронных и асинхронных электродвигателей вращаются благодаря "жесткому сцеплению" магнитных полей статора и ротора. "Источником движения" в обоих случаях служит вращающееся с синхронной

скоростью круговое вращающееся магнитное поле статора. Магнитное поле ротора синхронного двигателя (СД) постоянно и неподвижно относительно ротора. Поэтому при его "жестком сцеплении" с полем статора ротор также "увлекается" с синхронной скоростью. Магнитное поле ротора асинхронного двигателя (АД) вращается вокруг ротора в ту же сторону, что и поле статора, но с частотой скольжения.

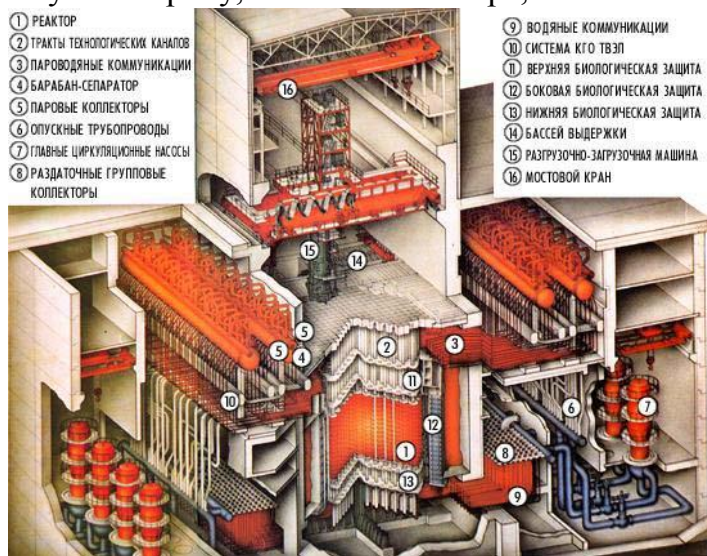


Рис.1 - Конструкция реактора двухконтурной АЭС с реактором ВВЭР

сети. С ростом нагрузки вращающий момент двигателя увеличивается за счет увеличения скольжения, то есть за счет снижения скорости вращения. Но этому есть предел - критическое скольжение, достигнув которого, двигатель "опрокидывается", т.е. начинается стремительное падение вращающего момента и возрастание скольжения, вплоть до полной остановки двигателя. Если своевременно не снизить нагрузку (например, разгрузив насос), то АД попадет в режим короткого замыкания (КЗ) и обмотка его сгорит.

Кроме того, с ростом перегрузки АД, стремясь обеспечить необходимый вращающий момент на своем валу, увеличивает потребление мощности из сети (как активной, так и реактивной) и, тем самым, способствует увеличению потерь энергии, снижению напряжения и ухудшению коэффициента мощности. Поэтому работа АД с перегрузкой крайне нежелательна. При недогрузке реактивная энергия нужна ЭД для создания и поддержания собственного магнитного поля. Поэтому потребляемый им из сети реактивный ток изменяется в меньших пределах, чем активный: нагружен двигатель до номинальной мощности или недогружен - поле все равно необходимо. Недогруженные АД резко ухудшают коэффициент мощности всей электроустановки, поэтому работа их с недогрузкой также нежелательна.

При работе двигателя насоса возможны аварийные режимы, например, перегрузки. Защита от перегрузок выполняется с помощью токовых реле, включенных в фазные токи или в общий нулевой провод. Защита от перегрузок выполняется с действием на отключение в случае, если не обеспечивается самопроизвольный пуск ЭД или с механизма не может быть снята технологическая перегрузка без останова ЭД. Защита от перегрузки ЭД 6 кВ предназначена для предотвращения возгорания кабелей из-за длительного протекания пусковых токов при заклинивании ЭД, а также для защиты ЭД от перегрева при технологических перегрузках. Защита действует на отключение ЭД с независимой выдержкой времени.

Перегрузка электродвигателя возникает в следующих случаях:

- при затянувшемся самопроизвольном пуске или пуске;
- по технологическим причинам и перегрузке механизмов;

Электрические машины работают с изменяющейся нагрузкой на валу. При этом изменяются и электромагнитные процессы в машине. Эти процессы быстротечны. Поэтому и реакция на них должна быть столь же быстрой. Этого достичь можно только автоматически. Это может быть достигнуто либо за счет применения устройств автоматики, либо за счет свойств саморегулирования, присущих электрическим машинам. Свойство саморегулирования АД состоит в том, что на изменение нагрузки на своем валу он реагирует изменением скольжения и изменением потребления активной мощности из

- в результате обрыва одной из фаз;
- при повреждении механической части ЭД или механизма, вызывающего увеличение момента и торможение ЭД. В комплекс защиты ЭД ВАЗ 215/109-6АМО5 (6 кВ) насосов ГЦН-195М входят следующие устройства и защиты: токовая отсечка; защита от замыканий на землю; дуговая защита; защита минимального напряжения; автоматическое включение резерва (АВР).

При действии АВР шин собственных нужд резервный источник питания должен обеспечивать самозапуск ответственных ЭД, перерыв питания которых должен быть весьма кратковременным (не более 2,5 сек).

Для АД с КЗ ротором и для СД применяют прямой пуск при полном напряжении сети. Источники питания рассчитывают на прямые пуски самых крупных ЭД станции. При этом предусматривают, чтобы понижение напряжения во время пуска не выходило за пределы, при которых обеспечиваются пуск механизма и нормальная работа других ЭД.

При нормальном пуске агрегата ротор АД, вместе с присоединенным к нему механизмом, начинает вращаться с возрастающей скоростью и через короткий промежуток времени достигает постоянной номинальной скорости. Развиваемый ЭД вращающий момент должен превышать момент сопротивления присоединенного к нему механизма в течение всего периода пуска. Пусковые токи могут превышать номинальные в 6 раз и более.

У механизмов с постоянным моментом сопротивления пусковой момент не зависит от скольжения и сохраняет постоянную величину. К механизмам с вентиляторным моментом сопротивления, т.е. с квадратичной зависимостью момента от скорости вращения, относятся вентиляторы, дымососы и т. п. Пусковой момент таких механизмов обычно не превышает 0,1—0,3 номинального. Чем больше величина избыточного момента, тем быстрее заканчивается пуск агрегата. Время разбега ЭД определяет температуру его обмотки в конце пуска. В связи с большой кратностью пусковых токов АД нагрев обмотки при пуске происходит интенсивнее, чем при нормальном рабочем режиме. Поэтому частота пусков АД ограничивается.

Процесс автоматического пуска (подъем скорости) частично затормозившихся или полностью остановившихся ЭД после восстановления напряжения, без вмешательства персонала, называется самозапуском. Самозапуск ЭД возможен тогда, когда его вращающий момент при восстановлении напряжения в сети, с учетом снижения напряжения из-за больших пусковых токов ЭД, участвующих в самозапуске, превышает момент сопротивления.

При полном прекращении питания вращающий момент ЭД уменьшается до нуля и агрегат снижает скорость, расходуя запасенную кинетическую энергию на преодоление момента сопротивления механизма. В случае КЗ на шинах, от которых получает питание ЭД, напряжение на его зажимах понижается до нуля и торможение агрегата с АД происходит так же, как и при полном прекращении питания. При КЗ в удаленной точке сети на зажимах ЭД сохраняется некоторое остаточное напряжение, и выбег агрегата происходит медленнее по сравнению с его выбегом при полном прекращении питания.

В случае кратковременных перерывов или нарушений питания самозапуск ЭД представляет собой пуск из промежуточной скорости, до которой успел затормозиться агрегат. Условия разбега агрегата при самозапуске полностью соответствуют условиям его разбега в процессе пуска, начиная от скольжения, при котором происходит самозапуск.

При одновременном пуске или самозапуске нескольких агрегатов пусковые токи ЭД складываются, увеличивая снижение напряжения в сети. Для СД и короткозамкнутых

АД, имеющих пусковую КЗ обмотку, самозапуск не представляет опасности. Широкое применение АВР на электростанциях показывает, что при перерывах питания до нескольких секунд каких-либо неполадок в работе ЭД или их механизмов не происходит.

В случае невозможности обеспечить самозапуск всех ЭД в первую очередь нужно обеспечить самозапуск особо ответственных двигателей. При этом может потребоваться отключение части менее ответственных механизмов, чтобы повысить напряжение при самозапуске. Отключать ЭД следует с помощью защиты, минимального напряжения с выдержкой времени не менее 0,5 сек. Чем короче перерыв питания, тем легче самозапуск.

Неответственные двигатели с тяжелыми условиями пуска отключаются защитой при потере питания или снижении напряжения на секции на 30% номинального продолжительностью более 1—2 сек.

Наиболее экономичными в отношении первоначальной стоимости и ежегодных расходов являются такие системы электроснабжения собственных нужд, при которых существует тесная связь между общей сетью энергосистемы и сетью собственных нужд. Например, питание при помощи ответвлений от генераторов или через трансформаторы от общих сборных шин электростанции. Недостатком схем электроснабжения, имеющих связь с общей сетью, является понижение напряжения на собственных нуждах при понижении напряжения сети. Внедрение самозапуска двигателей, при котором опрокинувшийся двигатель автоматически входит в работу после того, как напряжение восстановится, практически полностью устраняют этот недостаток.

Существуют три основные причины понижений напряжений, могущие отразиться на работе двигателей собственных нужд:

1) удаленные КЗ;

2) близкие КЗ, при которых напряжение падает практически до нуля и затем быстро восстанавливается;

3) перерыв электроснабжения при отключении источников питания; напряжение восстанавливается после автоматического повторного включения источника (АПВ) или АВР.

Удаленные КЗ не отражаются на работе ЭД собственных нужд. Кратность максимального момента большинства ЭД лежит в пределах 2,0 - 2,5, а для таких двигателей при их номинальной нагрузке напряжение опрокидывания лежит ниже 0,65 номинального. Так как в большинстве случаев ЭД работают с недозагрузкой, и момент сопротивления механизмов собственных нужд снижается, при снижении скорости, то опрокидывание наступает при еще более низких напряжениях. Продолжительность понижения напряжения определяется установками защиты сети от КЗ и не превышает нескольких секунд. При близких КЗ напряжение понижается практически до нуля. В первый момент ЭД будет посылать к месту КЗ ток, который (при условии, что сопротивление сети между двигателем и точкой КЗ очень мало) может быть определен по выражению:

$$I_{кз} = \frac{0,9U}{x_d}$$

где: U - фазное напряжение сети;

x_d - сопротивление фазы двигателя при заторможенном двигателе.

Из выражения можно видеть, что ток, посылаемый АД к месту КЗ, примерно равен пусковому току при закороченной обмотке ротора. По мере снижения магнитного потока в двигателе этот ток будет затухать. Одновременно будет снижаться скорость вращения механизма подобно тому, как это происходит при выбеге после отключения двигателя.

Однако характер процесса при групповом отключении или при снижении напряжения у группы ЭД будет несколько иным, чем при индивидуальном отключении. Двигатели, у которых скорость вращения, магнитный лоток и, следовательно, напряжение затухают медленнее, чем у других, будут стремиться поддержать снижающееся напряжение, работая как бы генераторами. Скорость выбега таких ЭД увеличится по сравнению с индивидуальным выбегом. У остальных ЭД выбег замедлится, все механизмы будут выбегать в начальный период синхронно, с некоторой усредненной скоростью.

После отключения КЗ напряжение на шинах собственных нужд восстанавливается, вместе с тем увеличивается напряжение на выводах и соответственно токи в обмотках включенных двигателей. Протекание этих токов по проводникам сети вызывает потерю напряжения, которая может быть очень значительна. Если длительность КЗ была невелика - порядка 0,5 сек, то ЭД не успеют значительно затормозиться, пусковые токи будут относительно небольшими, все двигатели начнут ускоряться и нормальная работа их восстановится. После длительных КЗ пусковые токи будут большими, что вызовет дополнительную потерю напряжения в сети, которая может быть очень значительной. В результате напряжение в сети может оказаться недостаточным для того, чтобы развернуть ЭД до нормальной скорости. В практике наблюдались случаи, когда, несмотря на наличие форсирования, напряжение не достигало нормального значения и двигатели длительное время работали примерно при 50 - 60% номинальной скорости. Для облегчения самозапуска ЭД, имеющих существенное значение для работы станции, приходится при продолжительных КЗ отключать часть двигателей. С этой целью их пусковые устройства снабжаются защитой минимального напряжения с выдержкой времени. Чем существеннее значение работы данного двигателя для станции, тем большую вставку времени имеет его защита. Обычно двигатели разделяются на три группы:

- 1) двигатели, не имеющие защиты минимального напряжения или с вставкой времени у такой защиты порядка 10 сек;
- 2) двигатели с вставкой времени 2 - 3 сек;
- 3) двигатели с мгновенным отключением. Защита от перегрузки настраивается так, чтобы она не отключала двигатели при пусковых токах.

Суммарная мощность первой группы зависит от характеристик механизмов, степени загрузки двигателей и индуктивного сопротивления связи системы электроснабжения собственных нужд с общей сетью энергосистемы.

Все механизмы СН имеют существенное значение для работы станции и характеризуются моментом сопротивления вентиляторного типа. Их выбег перед самозапуском является групповым с усредненной скоростью торможения, поэтому можно с достаточной степенью приближения определить мощность этой первой группы (группы ЭД, которые не отключаются), исходя из предположения, что двигатели загружены до номинальной мощности. Для обеспечения самозапуска в указанных условиях достаточно, чтобы восстанавливающееся напряжение на вводах двигателя достигло 70% номинального. Восстанавливающееся напряжение на вводах двигателей U_D , после восстановления напряжения у источника питания до значения U_c , определится по формуле

$$U_D = \frac{U_c x_D}{x_D + x_p}$$

здесь x_D - сопротивление ЭД в относительных единицах, приведенное к сумме номинальных мощностей группы двигателей через t сек после начала КЗ; это сопротивление снижается по мере торможения двигателя. При снижении скорости

сращения на 10 - 15% оно становится почти равным сопротивлению двигателя при неподвижном роторе;

x_p - сопротивление между источником питания и вводами ЭД (например, трансформатора, реактора), приведенное к сумме номинальные мощностей ЭД.

Если U_d получится меньше 0,7 номинального U_n , необходимо уменьшить суммарную мощность не отключаемой мощности двигателей.

Самозапуск не представляет собой опасности, как для короткозамкнутых АД, так и для АД с фазным ротором и для синхронных, имеющих пусковую короткозамкнутую обмотку. Во всех случаях наибольшие динамические усилия будут возникать в первый момент КЗ, когда двигатели посылают ток в точку КЗ. Эти усилия будут иметь место и при отсутствии самозапуска, и на них двигатели должны быть рассчитаны. При восстановлении напряжения усилия будут меньше, чем при КЗ, поскольку восстанавливающееся напряжение, как правило, ниже номинального. Не выбывает опасений самозапуск и по условиям нагрева, так как, даже при продолжительности самозапуска 30 - 35 сек, нагрев двигателя соответствует пуску его из нагретого состояния.

Явления, происходящие при АВР некоторых двигателей СН или при включении резервного источника питания, аналогичны явлениям при самозапуске, только снижение питающего напряжения более глубокое - во всех случаях до нуля при быстрой подаче напряжения после отключения могут быть случаи, когда напряжение на группе отключенных двигателей, поддерживаемое их собственным магнитным потоком, еще не спадет, как уже будет подано напряжение питания. Это более вероятно, если среди двигателей имеются мощные СД. Напряжения, оставшиеся на группе двигателей и вновь поданные, как правило, будут не синхронны. Такое включение сопровождается повышенным броском тока. Однако длительность его не превышает одного или нескольких периодов, и он не является опасным по своему воздействию на двигатель или механизм. Как показали проведенные опыты с механизмами СН электростанций, отставание напряжения на угол 180° наступает через 0,28 - 0,35 сек отключенного двигателя. После отключения питания, напряжение при этом понижается до 50 - 30%. Широкое применение АВР на электростанциях и опыт их работы показали, что при перерывах питания до нескольких секунд каких либо неполадок в работе двигателей или их механизмов не вызывает.

Таким образом, применение АПВ и АВР не требует какой - либо специальной защиты для ЭД.

Некоторые особенности имеет самозапуск механизмов с СД, перерыв в электроснабжении которых может вызывать выход ЭД из синхронизма, если время перерыва превысит 0,5 секунды. При перерывах менее 0,5 сек. асинхронного режима работы СД обычно не возникает. Вхождение двигателя в синхронизм происходит достаточно быстро и плавно, если момент, развиваемый двигателем, обеспечивает необходимое для втягивания в синхронизм увеличение скорости. Большую помощь здесь оказывает форсирование возбуждения.

При недостаточном асинхронном моменте (слишком низкое восстанавливающееся напряжение, работа с обмоткой ротора, замкнутой на якорь возбуждителя) втягивания в синхронизм может не произойти, и тогда требуется либо проведение ресинхронизации под нагрузкой, либо повторный пуск, если возможна кратковременная остановка механизма. Оба эти мероприятия осуществляются специальными схемами автоматики, которые воздействуют на отключение АПП и замыкание обмотки ротора через сопротивление (в 7 - 10 раз превышающее ее собственное сопротивление) с одновременным форсированием возбуждения при ресинхронизации или приводят в

действие нормальную схему пуска после восстановления напряжения в сети при повторном пуске.

В случае необходимости схема ресинхронизации дополняется автоматикой разгрузки механизма.

Таким образом, релейная защита самих ЭД, так и всей сети СН, а также связанной с ней основной сети энергосистемы, для обеспечения самозапуска не отключенных ЭД должна быть настроена с учетом следующих основных требований:

1) В тех случаях, когда КЗ вызывает значительное снижение напряжения в сети СН (повреждение кабеля, питающего двигатель, КЗ в обмотке статора и т.п.), основной целью релейной защиты является не столько защита самого ЭД, сколько быстрое отключение этих КЗ. Поэтому все ЭД должны иметь мгновенную защиту (токовая отсечка, отстроенная от токов пуска и самозапуска, или дифференциальная защита), которая отключала бы ЭД при указанных повреждениях с необходимой быстротой. Максимальная защита трансформатора или линии, питающие секции собственных нужд, должна быть отстроена от пускового тока всех ЭД, присоединенных к данному трансформатору или линии. Вставка времени этой защиты должна быть 0,5 - 0,6 сек. для того, чтобы обеспечить отстройку по времени от мгновенных защит ЭД.

2) Защита от перегрузки должна предусматриваться на тех двигателях, перегрузка которых возможна либо по технологии производства, либо в процесс самозапуска, если условия последнего тяжелы (например, шахтные мельницы и т. п.). Вставка времени действия такой защиты выбирается 8 - 10 сек, вставка по току - не ниже $1,25 \cdot I_n$. Защита от перегрузки действует на отключение только тех двигателей, условия пуска или самозапуска которых являются тяжелыми, а также в том случае, если двигатели не имеют постоянного обслуживающего персонала. Там, где это возможно, защита от перегрузки действует или на разгрузку механизма, или при наличии постоянного обслуживающего персонала на сигнал, выведенный на пункт управления.

3) Защита минимального напряжения применяется только на тех двигателях, которые необходимо отключать для обеспечения самозапуска ЭД механизмов, имеющих существенное значение для бесперебойной работы станции или для которых самопроизвольный пуск после перерыва питания недопустим по условиям технологии производства или техники безопасности.

Список литературы: 1. Григорьева В.А., Зорина В.М. Тепловые и атомные электрические станции. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 531 с. 2. Бурковский А.Н., Снопик Л.Ф. Расчет полезной мощности взрывозащищенных асинхронных двигателей серии ВВР в повторно-кратковременных режимах работы. // Электротехническая промышленность. Электрические машины. - 1998.- № 3 (85).- С.8-10. 3. Савин Б.В., Ширнин И.Г. Исследование и разработки взрывозащищенных асинхронных двигателей мощностью 0,25-2000 кВт. //Электротехническая промышленность. Электрические машины. – 1977, № 10 (80)- С.7-8.

Поступила в редколлегию 01.10.2010

УДК 621.65(085.5)

В.В. ШЕВЧЕНКО, канд. техн. наук, доц., УПА, м. Харків

Є.О. ЗАНИХАЙЛО, УПА, м. Харків

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГЕНЕРАТОРІВ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ У ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ

Проведена оцінка впливу змінного потоку вітру на енергетичні параметри автономної енергетичної установки ВЕУ та її електричного генератора. Оцінено особливості роботи