Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies 3 (2010 3) 322-334
~ ~ ~

УДК 621.311.21

Основные принципы и модели превентивного управления гидроагрегатами с учетом их эксплуатационного состояния

Ю.А. Секретарев, А.А. Жданович*
Новосибирский государственный технический университет
630092 Россия, Новосибирск, пр. К.Маркса, 20 [1]

Received 3.09.2010, received in revised form 10.09.2010, accepted 17.09.2010

Работа посвящена разработке основных принципов и моделей контроля и оперативного управления гидроагрегатами с учетом их эксплуатационного состояния.
При оперативном управлении начальник смены станции (лицо, принимающее решение, далее ЛПР) должен удерживать, анализировать и принимать решения по большому кругу вопросов, так как управление ведется в изменяющихся условиях работы. Недооценка одних ситуаций и переоценка других ЛПР может привести к нарушению надежности и экономичности работающего оборудования, а в некоторых случаях к катастрофе. Пример Саяно-Шушенской ГЭС (СШ ГЭС) весьма убедителен. Согласно Акту технического расследования аварии на СШ ГЭС 17 августа 2009 г. одной из причин аварии названа неверная оценка ситуации дежурным, так как на станции не были установлены критерии выбора приоритетного агрегата и сроки сохранения приоритета [1].
Для реальной помощи ЛПР в управлении необходимо создавать системы поддержки принятия решений. Основные принципы построения таких систем и модели представлены в работе.
Основу этой системы составляют два фундаментальных положения:
1. Использование ЛПР превентивного управления, позволяющего принимать решение заблаговременно.
2. Построение системы поддержки принятия решений на основе теории нечетких множеств, дающей возможность единого описания всех эксплуатационных параметров при изменении режимов работы станции.
Используя карты уставок защит и режимной автоматики, можно построить функции принадлежности, которые будут характеризовать значимость каждого эксплуатационного параметра. Ранжировка параметров позволяет ЛПР оценить их приоритетность. При наложении оценок ситуации, полученных по данным карт уставок релейной защиты и режимной автоматики ГЭС, на текущее значение параметра в конкретный момент времени можно вычислить результирующую оценку надежности элементов. Это позволяет совместить плановые и текущие оценки эксплуатационного состояния агрегата. Полученные ситуационные оценки эксплуатационной надежности оборудования могут быть использованы для принятия решений в оперативном управлении. В работе излагаются результаты исследований и приведен анализ ситуации на примере параметров эксплуатационного состояния блочного трансформатора.

* Corresponding author E-mail address: zhdanovich1985@mail.ru
[1] © Siberian Federal University. All rights reserved

Ключевые слова: автоматизированное управление гидроэлектростанцией, превентивное управление, нечеткие множества, функция принадлежности, эксплуатационная надежность.

Введение

Контроль эксплуатационного состояния и управление работой отдельных агрегатов с его учетом имеют следующие особенности:

- многоцелевой характер принятия решения;
- необходимость интерпретации информации о состоянии для различных ситуаций;
- принятие решения в режиме on-line;
- наличие неопределенной информации о состоянии объекта.

Различают несколько этапов управления. Одним из них является превентивное управление, там решение принимается на временном отрезке, когда изменение параметра вышло из номинального диапазона, но не достигло критического значения, при котором происходит аварийное отключение гидроагрегата. Таким образом, это процесс принятия и реализации прогнозируемых управленческих решений, направленных на предотвращение развития аварийной ситуации на станции. В таком управлении важна роль ЛПР или начальника смены станции, который должен организовать процесс принятия решений.

Развитие интеллектуальных алгоритмов управления, появление строгого аппарата описания процессов управления в теории принятия решений, теории возможностей предоставляют в настоящее время расширенные возможности для развития теории и методов управления сложными системами. Так, теория нечетких множеств, опираясь на многие практические потребности прикладных наук, оперирующих с не полностью достоверной и противоречивой информацией, дает возможность вести работу в области теории управления и принятия решений по неполной информации.

Целью исследования является разработка системы представления информации для принятия решения ЛПР в рамках управления режимом ГЭС, которая позволяет:

1) производить оценку эксплуатационного состояния агрегатов с учетом важности контролируемого параметра;

2) представлять результаты в форме, удобной для принятия решения ЛПР.

В работе предложена модель формализации информации об эксплуатационном состоянии гидроагрегатов станции, основанная на теории нечетких множеств. Разработанный подход позволяет оценивать информационную ценность контролируемых параметров с точки зрения приоритетности при учете базовых и текущих показателей надежности.

Актуальность проблемы

Разработка систем интеллектуальной поддержки принятия решения велась и ранее. Такие системы, как ИНПОР[1], разрабатываются с 90-х гг. Они должны были стать частью новых комплексов АСУ ТП[2] ГЭС. Однако на сегодняшний день эти системы по ряду причин так и не получили широкого распространения.

[1] Интеллектуальная поддержка принятия решения.

[2] Автоматизированная система управления технологическим процессом.

Авария, произошедшая на СШ ГЭС 17 августа 2009 г., наглядно продемонстрировала возможность и последствия ошибки человека в контуре управления.

По данным анализа архивов АСУ ТП СШ ГЭС, проведенного в период с 21.04.2009 по 17.08.2009 гг., наблюдался относительный рост вибрации турбинного подшипника гидрогенератора ГА-2 примерно в 4 раза. В этой ситуации для обеспечения безопасной эксплуатации главный инженер СШ ГЭС должен был принять решение об остановке ГА-2 и исследовании причин вибрации. Вместо этого ГА-2 оставался приоритетным в ГРАРМ[3] при регулировании мощности. Из этого следует, что развитие аварии с гибелью большого количества людей и разрушением технических устройств, эксплуатируемых на СШ ГЭС, явилось следствием несоответствия комплекса защитных мер в отношении оборудования и персонала СШ ГЭС видам опасности [1].

В [1] сформированы рекомендации и мероприятия по предупреждению подобных техногенных аварий, где в п. 6.1.12 значится: разработать проект системы мониторинга режимов работы и состояния гидроагрегата с фиксацией и сохранением параметров. Таким образом, необходимость создания таких систем доказана документально, что подтверждает актуальность данного исследования.

Очевидно, дальнейшее развитие автоматизированных систем управления с учетом контроля эксплуатационного состояния гидроэлектростанциями предполагает решение следующих задач:

1. Использование такого математического аппарата, на основе которого можно эффективно построить подсистему поддержки принятия решения в контуре оперативного управления.

2. Разработка моделей контроля и управления текущим состоянием гидроэнергетического оборудования.

3. Создание алгоритма и программного обеспечения для реализации этих моделей.

Теоретическое обоснование

В качестве видов управления нормальными режимами выступают следующие:

– автоматическое регулирование;
– оперативное управление, которое имеет различные контуры: планирование, корректировка плана по факту, превентивное (предупредительное) управление.

Наличие временного ограничения для принятия решения в контуре оперативного диспетчерского управления дает основание говорить об экспресс-прогнозе режимных параметров, а неопределенность информации о текущем состоянии ГЭС делает необходимым использование как стохастических, так и эвристических методов прогнозирования. Автоматическое регулирование, которое служит одним из основных средств управления, выступает как необходимое согласующее звено между системой принятия решения и отработкой этого решения на объекте управления. Качество управления станцией в целом будет определяться уровнем координации между всеми контурами управления. Одним из таких контуров выступает превентивное управление.

[3] Групповое регулирование активной и реактивной мощности.

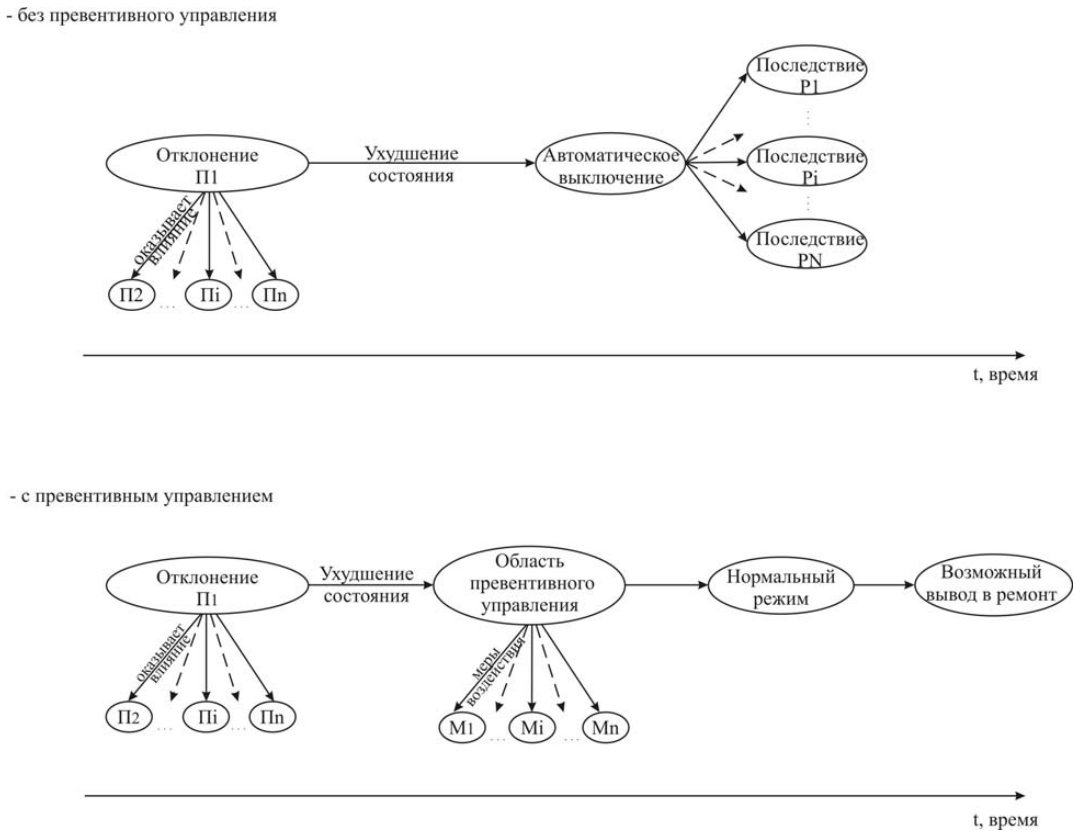

Рис. 1. Моделирование ситуации управления на ГЭС

Превентивное управление является адаптивным и осуществляется за счет прогнозирования изменений параметров эксплуатационной надежности. Рассмотрим особенности этого вида управления.

В пространстве оперативного управления превентивное управление занимает область между управлением в нормальном режиме и управлением в аварийном режиме. С точки зрения временного отрезка этот вид управления находится в интервале между нормальным режимом работы элемента (с допустимым к.п.д., в исправном состоянии, работа в диапазоне согласно требованиям завода-изготовителя) и аварийным режимом, который влечет за собой отключение элемента (рис. 1). Аварийное отключение элемента всегда подразумевает под собой ухудшение надежности всего агрегата, что приводит к недоотпуску продукции и, следовательно, к неэкономичной работе, также может привести к прямому ущербу от неисправности оборудования, которое нужно выводить в ремонт или заменять. И, наконец, ухудшение эксплуатационного состояния приводит к нарушению безопасности обслуживающего персонала.

Основным инструментом превентивного управления является диагностирование, прогнозирование работы оборудования при отклонении фактических параметров от нормальных значений и своевременная реализация диспетчерских команд, позволяющих вернуть элемент в нормальное состояние. В медицине это характеризуется наличием симптомов болезни. При своевременном вмешательстве, которое предполагает принятие ряда мер, таких как поход к

врачу, сдача анализов и прием лекарств, симптомы исчезают, не причинив особого вреда здоровью человека. Однако без вмешательства происходит прогрессирование (развитие) болезни и излечение невозможно без госпитализации (операции) и других дорогостоящих мероприятий. Аналогия с превентивным управлением с учетом эксплуатационного состояния в данном случае вполне уместна.

Таким образом, превентивное управление позволяет:

- обнаружить отклонение на ранней стадии (при соответствующем информационном обеспечении),
- сформировать управляющее воздействие,
- своевременно отреагировать на него, предотвратив отключение элемента.

Резюмируя сказанное, отметим, что совершенствование моделей для контура оперативного управления ГЭС считается перспективным направлением, так как качественное и своевременное решение поставленных задач на этом этапе способствует, кроме прочего, выявлению дефектов на ранней стадии развития и своевременному их устранению, а это, в свою очередь, обеспечивает: повышение надежности, снижение затрат на ремонты и времени простоя, продление срока службы, выявление слабых мест в конструкции.

Для работы в контуре превентивного управления необходима систематизация информации о показателях эксплуатационной надежности гидроблока и оперативная комплексная оценка всех факторов. Причем представление этой информации должно быть удобным для ЛПР.

Для создания информационной базы контура превентивного управления удобно использовать модели, базирующиеся на теории нечетких множеств.

Предлагаемый метод

1. Оценка эксплуатационной надежности оборудования ГЭС

Символическое описание процесса управления электростанцией выглядит следующим образом:

$$S : S_t \times S^{Э}{}_t \times S^{H}{}_t \xrightarrow{U} S^{C}{}_{t+1}, \tag{1}$$

где S – полная ситуация; S_t – текущая ситуация в ЭС, сформулированная в виде требований, которые предъявляются к работе электростанции по условиям покрытия активной и реактивной нагрузок; $S^{H}{}_t$, $S^{Э}{}_t$ – текущие ситуации, связанные с фактическим режимом станции, которые определяются экономичностью и надежностью работающего на ней оборудования; U – вектор многоцелевого управления; $S^{C}{}_{t+1}$ – новая текущая ситуация на станции как декартово произведение предшествующих.

Текущие ситуации на станции $S^{Э}{}_t$ и $S^{H}{}_t$ определяются рядом экономических и надежностных параметров $R_э$ и $R_н$, которые характеризуют фактическое состояние работающего оборудования в момент времени t. Параметры $R_э$ и $R_н$ имеют различную размерность, что значительно усложняет определение на их основании комплексных оценок ситуаций $S^{Э}{}_t$ и $S^{H}{}_t$ [2]. В работе речь пойдет о показателях надежности $R_н$.

Режимные параметры, характеризующие эксплуатационную надежность блока, достаточно многочисленны и образуют многомерное пространство вида

$$R_н = (R_т, R_в, R_{эл}, R_у, R_{пр}), \quad (2)$$

где $R_т$, $R_в$, $R_{эл}$, $R_у$, $R_{пр}$ – параметры температурного, вибрационного, электрического состояний, характеризующие отклонение уровней воды и масла, давления воздуха на контролируемых узлах блока и ряд прочих соответственно.

Процедура оценивания параметров реализуется в несколько этапов. Первым этапом является нахождение **базовой** оценки (B) параметров эксплуатационного состояния. Базовые оценки не зависят от текущей ситуации и определяются только степенью ответственности контроля определенных параметров. Второй этап включает в себя моделирование **текущих** оценок (T), которые характеризуют степень эксплуатационной надежности агрегата в момент принятия t. Очевидно, что эти оценки непосредственно определяются текущей ситуацией на станции. Третий этап заключается в определении **результирующих** оценок (J) эксплуатационной надежности для каждого работающего в данный момент времени гидроагрегата. Они могут быть получены путем наложения «текущих» оценок контролируемых параметров на их «базовые» [3].

Таким образом, чтобы оценить ситуацию на станции в оперативном режиме необходимо оперировать с тремя видами информации одновременно.

Учитывая, что все параметры имеют различную размерность и их оценивание проходит в три этапа, можно сделать вывод о том, насколько сложен процесс оценки ситуации из-за объемов информации и сложности ее взаимоувязки.

Для решения этой задачи воспользуемся теорией нечетких множеств, позволяющей унифицировать значения параметров и создать единое информационное пространство [3].

Целесообразность использования теории нечетких множеств обусловлена и тем, что принятие решений в режиме превентивного управления, как правило, характеризуется неполнотой информационного описания и разнообразием ситуаций и состояний.

2. Аппарат теории нечетких множеств

Нечеткое множество – это удобный математический аппарат для описания неточных величин. Нечеткий интервал позволяет иметь одновременно пессимистическое или оптимистическое представления: носитель нечеткого интервала будет выбираться так, чтобы гарантировать “невыход” рассматриваемой величины за нужные пределы, а его ядро будет содержать наиболее правдоподобные значения. Процесс автоматического контроля параметров в виде нечетких интервалов позволяет получить оценки эксплуатационной надежности гидроагрегатов. Проведенный анализ систем контроля и технологического управления показывает, что процесс контроля основных узлов можно уверенно представить одним из трех типов нечетких интервалов [4].

Принадлежность параметра тому или иному типу интервала определяется следующим образом. На рис. 2,а изображена модель невозрастающего интервала. Параметрическим описанием этого интервала является $П = (\underline{m}, \overline{m}, 0, \beta)$, где $\underline{m} = П_1$, $\overline{m} = П_2$, $\beta = П_3 - П_2$, где $\underline{m}$ – нижнее модальное значение нечеткого интервала, $\overline{m}$ – верхнее модальное значение нечеткого интервала, β – правый носитель нечеткости. Изменение значения параметра контроля от $П_1$ до $П_2$ характеризует нахождение параметра в номинальном диапазоне, причем при достижении параметра контроля значения $П_2$ срабатывает I ступень защиты, которая действует на сигнал. В этом диапазоне не требуется предпринимать никаких управляющих воздействий. Область изменения

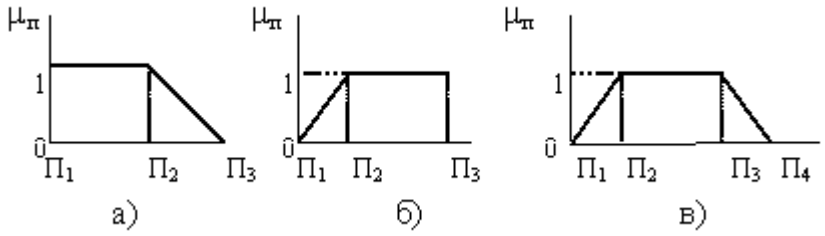

Рис. 2. Виды нечетких интервалов, описывающие изменение контролируемого параметра П гидроагрегата

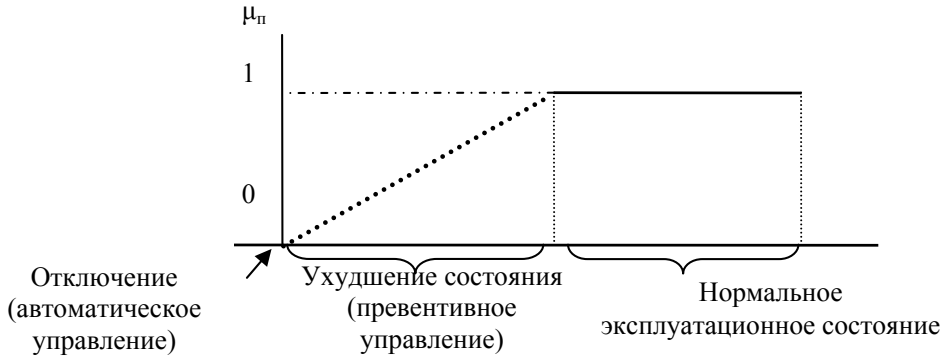

Рис. 3. К моделированию управления процессами в виде нечетких множеств

значения параметра контроля от $П_2$ к $П_3$ соответствует контуру превентивного управления. В этой зоне все агрегаты могут быть ранжированы по степени важности ухудшения их эксплуатационного состояния. При достижении контролируемого параметра значения $П_3$ происходит аварийная остановка гидроагрегата, т.е. срабатывает II ступень защиты.

Соответственно на рис. 2,б изображен неубывающий интервал. Здесь ухудшение эксплуатационного состояния характеризуется снижением значения контролируемого параметра до $П_1$, при котором происходит аварийный останов агрегата. На рис. 2.в показан трапециевидный интервал, при помощи которого моделируется ухудшение эксплуатационного состояния как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения значения [1].

Связь между видом нечеткого интервала и типом управления показана на рис.3 на примере неубывающего интервала.

3. Алгоритм получения результирующих оценок эксплуатационной надежности гидроблока

Алгоритм состоит из нескольких последовательных блоков.

Блок 1 необходим для перевода всей информации в безразмерный формат.

Каждый из контролируемых параметров имеет как различную размерность, так и различный диапазон изменения значений контролируемого параметра. Для этой цели все нечеткие интервалы можно взвесить и промасштабировать унифицированным образом. Так, для интервалов первого типа (изображен на рис. 2,а) параметры его описания могут быть представлены следующим образом:

$$\underline{m}^* = \frac{П_1}{П_1} * 100\%,\ \overline{m}^* = \frac{П_2}{П_1} * 100\%,\ \beta^* = \frac{П_3}{П_1} * 100\% - \overline{m}^*. \quad (3)$$

Для нечетких интервалов второго типа (изображены на рис. 2,б) параметры пересчитываются так:

$$\underline{m}^* = \frac{\Pi_2}{\Pi_3} * 100\%,\ \overline{m}^* = \frac{\Pi_3}{\Pi_3} * 100\%,\ \alpha^* = \underline{m}^* - \frac{\Pi_1}{\Pi_3} * 100\%. \quad (4)$$

Нечеткий интервал третьего типа (рис. 2,в) представляется как совокупность интервалов первого и второго типа. Учитывая обозначения, приведенные на рис. 2, формулы унифицированного пересчета для интервала второго типа (рис. 2,б) остаются теми же самыми, а для нечеткого интервала первого типа в выражение (3) вводятся следующие коррективы.

$$\Pi_1=\Pi_2;\ \Pi_2=\Pi_3;\ \Pi_3=\Pi_4. \quad (5)$$

В блоке 2 осуществляется построение функции принадлежности для каждого параметра;

В блоке 3 производится расчет показателей превосходства (Pos) для каждого интервала (базовых оценок B):

Для упорядочения полученного множества интервалов используем способ нечетких отношений, полученных попарным сравнением интервалов. Он сводится к отысканию обобщенного показателя превосходства [5]. Обобщенный показатель превосходства можно определить как тот факт, что интервал N_i превосходит «самый большой» из интервалов $N_j, j \neq i$, то есть построить четыре показателя превосходства (меры) [5]. В общем случае получим четыре меры:

- Pos ($\overline{Y_1} \geq \underline{Y_2}$) – возможность того, что наибольшие значения параметра Y_1 будут, по меньшей мере, равны наименьшим значениям параметра Y_2;
- Pos ($\overline{Y_1} > \overline{Y_2}$) – возможность того, что наибольшие значения параметра Y_1 будут больше наибольших значений параметра Y_2; этот показатель служит мерой строгого доминирования одного интервала над другим;
- Nec ($\underline{Y}_1 \geq \underline{Y}2$) – необходимость того, что наименьшие значения параметра Y_1 будут, по меньшей мере, равны наименьшим значениям параметра Y_2;
- Nec ($\underline{Y}1 > \overline{Y_2}$) – необходимость того, что наименьшие значения параметра Y_1 будут больше наибольших значений параметра Y_2; этот показатель является мерой строгого доминирования одного интервала над другим.

Нужно заметить, что процедуру сравнения можно значительно упростить в зависимости от вида нечеткого интервала сравниваемого параметра. Так, для невозрастающего нечеткого интервала (рис. 2,а) достаточно рассчитать только одну меру превосходства Pos ($\overline{Y_1} > \overline{Y_2}$), так как у интервала нет левого носителя нечеткости [3]. Эта мера характеризует возможность того, что наибольшие значения Y_1 параметра будут больше наибольших значений параметра Y_2, и рассчитывается по выражению

$$Pos(\overline{Y_1} \geq \overline{Y}_2) = Pos_{1-2} = \frac{\overline{m}_1 - \overline{m_2} + \beta_1}{\beta_1 + \beta_2}. \quad (6)$$

При сравнении n нечетких интервалов получим (n-1) значений таких мер Pos $_{1\text{-}2}$; Pos $_{1\text{-}3}$; …, Pos $_{1\text{-}n}$. Результирующая мера Pos ($Y_1 > Y_j$), где $j \neq 1$ определяется исходя из требований нормализации функций принадлежности, т.е. ее значение должно находиться в интервале [0,1]:

$$\text{Pos}\ (\overline{Y_1} > \overline{Y_2}) = \max\ (0, \min\ (1, \text{Pos1-2}, ; \text{Pos 1-3}; \ldots, \text{Pos 1-n})). \quad (7)$$

Упрощения и расчет показателей превосходства аналогичны для неубывающего и трапециевидного интервалов [3].

В блоке 4 на основании этих расчетов проводится ранжировка параметров по величине Pos и определение важности (значимости) факторов контроля эксплуатационного состояния.

Блок 5 предназначен для моделирования ситуаций, на основе которых можно получить текущие оценки эксплуатационной надежности (T). Реализация происходит с помощью метода статистических испытаний по равномерному закону распределения.

Учитывая единую информационно-диагностическую ценность базовых и текущих оценок, суть которой может быть сформулирована как определение наихудшего режимного параметра с точки зрения эксплуатационной надежности работы агрегата, необходимо осуществить преобразование текущих оценок в вид (1- μ_i).

Расчет результирующих оценок (J) осуществляется в блоке 6 путем наложения базовой оценки на текущую.

Результаты

Для реализации алгоритма интеллектуальной системы поддержки принятия решений необходимо было определить источники получения первичной информации. Этими источниками были выбраны данные карт уставок защит гидроблока ГЭС. Работа по сбору информации проводилась на Новосибирской ГЭС. Рассмотрим результаты.

1. Была собрана информация для 94 параметров эксплуатационной надежности гидроблока, для всех параметров определен вид нечеткого интервала [6]. По ряду причин значения только 54 параметров были переведены в относительные единицы [5].

2. Для 54 параметров построены функции принадлежности, которые позволяют судить о базовых оценках параметров эксплуатационной надежности элементов. Ниже приведен пример получения функции принадлежности параметра «Температура масла блочного трансформатора».

Параметр состояния – Повышение температуры масла блочного трансформатора

Вид нечеткого интервала – Невозрастающая

Общий вид функции принадлежности $\mu_n(x)=1-a*(x-b)$

Нижнее модальное значение нечеткого интервала $\underline{m}$ *– -25 °C*

Верхнее модальное значение нечеткого интервала $\overline{m}$ *– 40 °C*

Левый коэффициент нечеткости α – нет Правый коэффициент нечеткости β – 15 °C

Приведение значений к единой шкале, используем (3):

$\underline{m}$* –	100	α* – нет
$\overline{m}$ * –	6500	β* – 1500

Уравнение функции принадлежности: $\mu_n(x)=1-0{,}0001*(x-6500)$

3. Процесс сравнения нечетких интервалов (получение мер превосходства Pos) является довольно громоздким, поэтому были разработаны алгоритмы для расчета этих значений, которые реализованы в среде MatLab [2].

4. Рассчитанные меры возможности для каждого параметра позволяют выявить наиболее приоритетные с точки зрения контроля ухудшения состояния параметра. В табл. 1 приведены

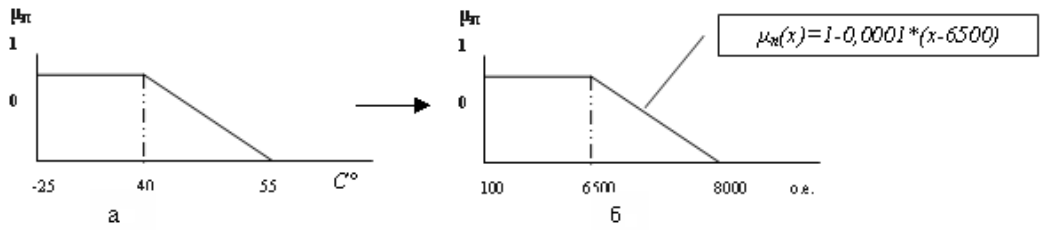

Рис. 4. Получение функции принадлежности для увеличения температуры масла блочного трансформатора: а) в номинальных единицах (°С), б) в относительных единицах

первые 9 параметров, приоритет которых выше остальных. Текущие оценки параметров были смоделированы также в среде MatLab.

5. В качестве примера в табл. 2 смоделированы 9 случайных значений фактической величины температуры масла трансформатора в °С в диапазоне, отличном от номинального; затем получены приведенные значения в о.е. и мера возможности для текущей оценки, которая также находится в диапазоне от 0 до 1.

6. Результирующие оценки для каждого параметра вычисляли путем наложения базовой оценки, которая неизменна во времени, на текущую, которая может меняться. Результаты расчета для температуры масла сведены в табл. 2.

Анализ полученных результатов

Из результатов расчета, приведенных в табл. 1, следует, что наивысший приоритет имеет параметр, характеризующий увеличение температуры масла блочного трансформатора (Pos=0,97233). Действительно, блочный трансформатор является чрезвычайно важным элементом гидроблока. Очень высокий приоритет и у параметров, характеризующих охлаждение турбинного подшипника (Pos=0,93619). Бой вала генератора имеет характеристику возможности ухудшения параметра состояния 0,6753, что также говорит о высоком приоритете этого параметра. Среди наименее приоритетных оказались такие параметры, как засорение сороудерживающих решеток – 0,054122, возрастание уровня масла в сливном баке МНУ – 0,00761.

Из результатов расчета (табл. 2) видно, что, несмотря на очень высокий базовый показатель, при незначительных отклонениях от номинала текущего значения итоговые результирующие оценки также малы. Например, при текущем значении температуры 41,46 °С результирующая оценка ситуации равна 0,095, несмотря на то, что базовая была 0,97233. В контуре оперативного управления эта оценка позволит диспетчеру оценить текущую ситуацию на ГЭС и принять своевременное решение по управлению режимом работы гидроагрегатов.

Заключение

1. Контур превентивного управления электрической станцией позволяет предотвращать аварийное отключение элемента и возвращать параметр объекта в границы диапазона нормальной работы, что способствует минимизации ущербов. Поэтому необходимо создание удобной информационной базы, которая могла бы обеспечить нормальную работу этого контура.

2. Теория нечетких множеств позволяет создать единые правила контроля эксплуатационных параметров, которые представляют информацию в форме, удобной для ЛПР.

Таблица 1. Результаты расчета мер возможностей и ранжировка параметров Новосибирской ГЭС

Параметр эксплуатационного состояния гидроагрегата	Числовая характеристика возможности ухудшения параметра состояния (POS)	Ранг параметра состояния
Повышение температуры масла трансформатора	0,97233	1
Низкий расход на смазку турбинного подшипника (ПШ)	0,93619	2
Снижение уровня масла в сливном баке маслонапорной установки (МНУ)	0,91329	3
Аварийно низкое давление в турбинном ПШ	0,8696	4
Контроль питания двигателей устройств охлаждения	0,77666	5
Обрыв цепи управления выключателем трансформатора	0,66771	6
Бой вала генераторного подшипника	0,65753	7
Снижение давления в компрессоре	0,63822	8
Повышение температуры трансформатора системы тиристорного самовозбуждения	0,5098	9

Таблица 2. Моделирование текущих и результирующих оценок надежности для температуры масла трансформатора

Параметр состояния	Вид функции принадлежности	Числовая мера возможности ухудшения работы, POS (о.е.), B	Текущая оценка, T			Результирующая оценка J= B*T
			Фактическое значение x, °C	Приведенное значение x, о.е.	T=1-μ(x)	
Повышение температуры масла трансформатора	$\mu_п(x)=1-0,0007(x-6500)$	0,97233	52,22	7722,08	0,815	0,792
			53,59	7858,69	0,906	0,881
			41,90	6690,49	0,127	0,123
			53,70	7870,07	0,913	0,888
			49,49	7448,54	0,632	0,615
			41,46	6646,31	0,098	0,095
			44,18	6917,75	0,279	0,271
			48,20	7320,32	0,547	0,532
			54,36	7936,27	0,958	0,931

3. Полученные оценки эксплуатационной надежности элементов являются формализованными, так как построение и расчет нечетких интервалов опираются на используемые на станции способы настройки автоматических устройств контроля за состоянием оборудования.

4. Полученные модели и алгоритм реализованы в виде программного пакета в среде MatLab. Этот пакет может стать основой программного обеспечения соответствующей аппаратуры для получения информационной базы системы поддержки принятия решения в контуре АСУТП гидростанции.

5. По величине результирующей оценки состояния элемента можно судить о текущем режиме на станции и на ее отдельных элементах.

6. Совместно с АСУ ТП такая подсистема значительно увеличит эффективность принимаемых решений как с точки зрения экономичности и надежности, так и с позиции безопасности работы станции в целом.

Список литературы

1. Акт технического расследования причин аварии, произошедшей 17.08.2009 в филиале ОАО «РусГидро» – «Саяно-Шушенская ГЭС имени П.С. Непорожнего»: Доклад Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор)// http://www.gosnadzor.ru/

2. Жданович А.А., Секретарев Ю.А. The control of an operational condition of the hydro unit on the basis of the theory of fuzzy sets // IFOST-2009: proceedings of the international forum on strategic technologies – Ho Chi Minh City, Vietnam: Ho Chi Minh City Publishing House, 2009.- Session 4 – P. 14 – 17.

3. Секретарев Ю.А., Диденко С.А., Караваев А.А., Мошкин Б.Н. Ситуационное управление энергетическими объектами и процессами электроэнергетической системы: монография. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007. – 308 с.

4. Дюбуа Д., Прад А. Теория возможностей. Приложение к представлению знаний в информатике.- М., 1990. – 322 с.

5. Жданович А.А. Построение функций принадлежности эксплуатационных параметров гидроагрегата и их сравнение // Современные техника и технологии: сборник трудов XV международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. –Т. 1. – С. 40-42.

6. Жданович А.А., Секретарев Ю.А. Исследование параметров эксплуатационной надежности гидроагрегата с помощью теории нечетких множеств //Научный Вестник НГТУ. 2010. №1. С. 145-159

Underlying Principles and Models of Preventive Management of Hydrounits with an Allowance their Operational Condition

Jury A. Sekretarev and Anastasia A. Zhdanovich
Novosibirsk State Technical University
20 K. Marks, Novosibirsk, 630092 Russia

The article is devoted to development of methods and models of formalization of the qualitative information on an operational status of the equipment working at station. The received estimations of operational reliability of the equipment can be used for decision-making in operative management.
Management of such complex power objects as hydroelectric power stations, always are solved by means of the person (the person, who are making a decision, the shift man of station).
At operative management the dispatcher or the shift man of station should keep, analyze and make a decision on the big circle of questions as management is conducted in changing operating conditions. Underestimation of one situations and reassessment of others can lead to infringement of reliability and profitability of the working equipment, and in some cases, to accident. Example Sayano-Shushenskaya hydroelectric power station in this case is rather convincing.
It is necessary to create systems of support of decision-making for the real help in the shift man`s management. Such system is presented in this article. It serves for support of decision-making by the shift man of station at change of an operational status of its equipment.
The system is based on two fundamental positions:
1. Use by the shift man the preventive management, allowing to make a decision beforehand.
2. Construction of system of support of decision-making on the basis of the theory of the fuzzy sets, giving the uniform description of all operational parameters at change of operating modes of station.
Preventive management is such kind of management where the decision is accepted on a time when change of parameter has left a nominal range, but has not reached critical value at which there is an emergency disconnect of the hydro unit.
Using data of relay protection and regime automatics, it is possible to construct membership functions which will characterize the importance of each operational parameter. In article the received results are stated and an example is brought for parameters of deterioration of an operational status of the block transformer.

Keywords: The hydro unit, fuzzy sets, automated management by hydroelectric power station, preventive management, membership functions.