

ОБОСНОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ АВР-110 КВ ...

к существенно меньшему их увеличению. То есть в результате «накоплений» в сейсмическом сигнале наиболее выраженным фрагментом становится первый период колебаний, что согласуется с практикой эксплуатации сейсмоисточников.

При моделировании синхронной работы двух сейсмоисточников с установкой одного из них на грунт с податливостью, отличающейся от податливости грунта под другим сейсмоисточником вдвое, амплитуда сигнала, создаваемого парой сейсмоисточников, отличается на 7 %. То есть в режиме групповой работы сейсмоисточников изменение амплитуды создаваемого сейсмического сигнала из-за неидентичности их нагрузок проявляется в существенно меньшей мере, чем для отдельно взятого сейсмоисточника. Однако величина этого изменения превышает изменения, вызванные рассмотренными конструктивными факторами.

Рассчитано также влияние нагрузки сейсмоисточника на процесс нарастания тока в обмотке возбуждения. При номинальной величине длительности нарастания тока $1.7 \cdot 10^{-3}$ с задержка момента начала движения излучателя сейсмоисточника при уменьшении податливости нагрузки вдвое не изменяется и составляет $2.1 \cdot 10^{-4}$ с. При длительности нарастания тока $3.5 \cdot 10^{-3}$ с эта задержка при уменьшении вдвое податливости нагрузки изменяется с $4.1 \cdot 10^{-4}$ с до $4.3 \cdot 10^{-4}$ с (на +4.6 %). Однако максимальные значения сейсмического сигнала при этом изменяются незначительно. То есть расчёт не выявил вызванного увеличением длительности фронта силы существенного ухудшения эффективности групповой работы сейсмоисточников.

Экспериментально определено изменение амплитуды сейсмических сигналов, генерируемых при работе груп-

пы одинаковых модулей сейсмоисточника «Енисей-КЭМ» с одинаковой нагрузкой при временном сдвиге их воздействий на $1 \cdot 10^{-3}$ с [1], близко к расчётному по использованной в этой работе математической модели групповой работы сейсмоисточников, что может служить доказательством адекватности этой модели.

ВЫВОДЫ

1) Расчёты процесса срабатывания по электрической схеме замещения показали, что влияние конструктивных параметров сейсмоисточника и погрешности запуска системы возбуждения его электромагнитного двигателя на идентичность сейсмических результатов в пределах установленных изготовителем допусков существенно меньше влияния нагрузки, что опровергает высказывания о недостаточной идентичности срабатываний электромагнитных сейсмоисточников.

2) Предложена расчётная модель групповой работы нескольких сейсмоисточников. Её использование показало, что при групповой работе снижение из-за рассмотренных факторов максимальных значений сейсмических сигналов проявляется в значительно меньшей мере, чем для отдельно взятого сейсмоисточника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов В. П. Технические средства и содержание проверки источников ряда «Енисей» в цикле накопления одиночных и групповых воздействий // Приборы и системы разведочной геофизики. – Саратов. – 2005. – № 4. – С. 38-45.
2. Щадин П. Ю. Импульсные электромагнитные сейсмоисточники «Енисей». Обзор моделей и опыт практического применения // Приборы и системы разведочной геофизики. – Саратов. – 2005. – № 4. – С. 6-12.

THE INFLUENCE OF LOAD AND PARAMETERS OF OPERATION OF ELECTROMAGNETIC SEISMIC WAVE GENERATORS IN GROUP AND ALONE ON IDENTITY PRODUCED SEISMIC SIGNALS

© 2011

V. P. Pevchev, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the chair «Industrial electronics»
Togliatti State University, Togliatti (Russia)

Keywords: electromagnetic seismic wave generator, accumulation, grouping.

Annotation: the small analysis of the reasons of occurrence of unidentity of repeated operations of pulse electromagnetic seismosources made. The model of process of operation of seismosources in group and alone is offered. The calculations executed. It is shown that unidentity of operations of the seismosources, caused by deviations of parameters its construction, doesn't exceed the unidentity caused by distinction of properties of a ground in the next points of influence.

УДК 621

ОБОСНОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ АВР-110 КВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

© 2011

А.А. Гришкевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Численные методы»
Ченстоховский политехнический институт, Ченстохова (Польша)
А.Е. Бурмутаев, старший преподаватель кафедры «Электроснабжение и электротехника»
Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)

Ключевые слова: надежность систем электроснабжения; автоматический ввод резерва (АВР); аварийный режим работы электроэнергетической системы.

Аннотация: статья посвящена обоснованию необходимости проведения реконструкции системы электроснабжения путем внедрения системы АВР по стороне 110 кВ с целью повышения надежности и безопасности.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящий время многие элементы электроэнергетических систем, а также распределительные сети имеют повышенный износ, так как основная часть электрических проводников аппаратов давно выработала срок службы, установленный заводом изготовителем. Это оборудование представляет повышенную пожаро- и взрывоопасность, связанную с изменением физико-химических свойств. Конструктивные решения схем также устарели и не соответствуют современным представлениям об эффективности, в частности, надежности. В связи с этим актуальным становится вопрос реконструкции, то есть технического перевооружения существующих объектов производства и передачи электроэнергии. В ходе реконструкции учитываются и оцениваются не только экономические показатели, но и показатели структурной надежности схем систем электроснабжения.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

На рис.1 представлен фрагмент существующей схемы системы электроснабжения потребителей (введена в эксплуатацию в 1973 году). Данная схема по стороне 110 кВ выполнена с использованием следующих коммутационных аппаратов: линейных разъединителей 22, 23, отделителей с короткозамыкателями 31, 33, секционного разъединителя 26 и секционного отделителя 32. Схема оснащена системой автоматического ввода резерва (АВР) по стороне 6 кВ. Благодаря системе АВР при возникновении неисправности основного источника питания происходит автоматическое переключение электроприемника на резервный источник питания без перерыва электроснабжения.

В современных электроэнергетических системах АВР устанавливается на каждый класс напряжения, чем достигается высокая степень надежности системы в целом. Применительно к схеме (рис.1) реконструкция заключается в оснащении исходной системы электроснабжения системой АВР по стороне 110 кВ. В связи с этим планируется исключение из схемы отделителей с короткозамыкателями и секционного отделителя. Вместо них предусматривается установка линейных выключателей 1, 8, шинных разъединителей 24, 25, трансформаторных разъединителей 3, 9, секционного выключателя 2 и секционного разъединителя 27 (рис.2).

Необходимость в системе АВР по стороне 110 кВ заключается в следующем. Отключение питающей линии по стороне 110 кВ (рис.1) ведет к включению секционного выключателя 7, что обеспечивает сохранность питания двух секций сборных шин 16, 21 от одного трансформатора 14 (или 19).

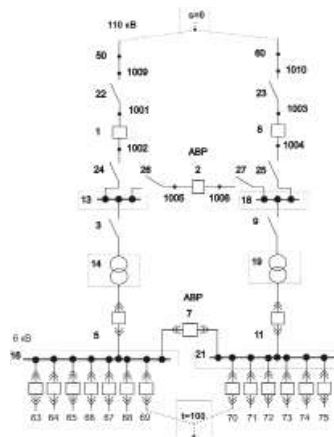


Рис. 2. Фрагмент схемы системы электроснабжения после реконструкции

При этом возможность приема нагрузки второй секции сборных шин 16 (или 21) зависит от загрузки работающего силового трансформатора 14 (или 19). Продолжительность работы секционного выключателя 7 равна продолжительности нахождения системы электроснабжения (рис.1) в аварийном режиме (рис.3). При такой схеме, согласно [1], может появиться необходимость в отключении части потребителей для нормализации работы трансформатора. Продолжительность питания потребителей от одного трансформатора зависит от многих факторов (удаленности подстанции, оперативности действий диспетчера, человеческого фактора, погодных условий и т.д.) и может составлять от десятков минут до нескольких часов. Ввод второго трансформатора возможен, но только вручную, путем включения секционного разъединителя. В связи с этим у схемы до реконструкции (рис.1) имеется ряд проблем и ограничений в обеспечении бесперебойного электроснабжения потребителей. АВР по стороне 110 кВ (рис.2) позволяет при аварийном отключении одной из двух питающих линий 110 кВ автоматически отключить вводной выключатель 1 (или 8) и включить секционный выключатель 2, что позволяет поддерживать в работе два трансформатора. Схема (рис.2) исключает снижение или ограничение отпускаемой мощности при потере одного питающего ввода. На электроснабжение потребителей данный аварийный режим работы электроэнергетической системы влияния не оказывает.

Действие системы АВР по стороне 110 кВ (рис.2) проявляется при появлении ненормальных (аварийных) режимов системы электроснабжения. В этой связи возникает необ-

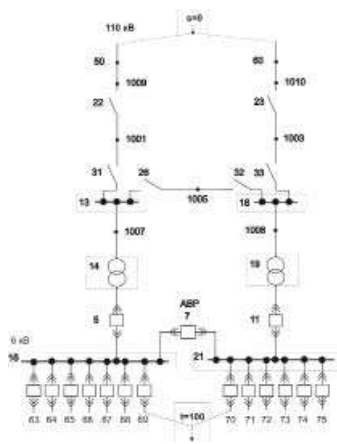


Рис. 1. Фрагмент схемы системы электроснабжения до реконструкции

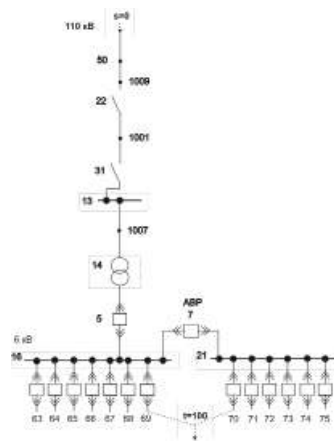


Рис. 3. Фрагмент схемы системы электроснабжения в аварийном режиме

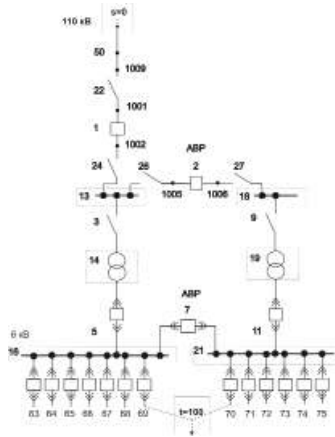


Рис. 4. Фрагмент схемы системы электроснабжения после реконструкции в аварийном режиме

ходимость в оценки надежности не только самих схем до и после проведения технического перевооружения, но и их аварийных режимов.

Аварийных режимов работы системы может быть много, и они по-разному влияют на функционирование системы электроснабжения и ее надежность. Рассмотрим режим, который является одним из наиболее опасных – отключение

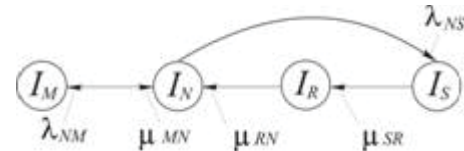


Рис. 5. Марковская модель для одного элемента

одного из двух источников питания (по стороне 110 кВ). Этот режим может возникнуть при аварийном или профилактическом ремонте питающей воздушной линии, линейного разъединителя или линейного выключателя (по стороне 110 кВ), а также при возникновении форс-мажорных ситуаций. В последние годы, особенно в летний период времени, наблюдаются аномально высокие температуры, что ведет к возникновению лесных пожаров. Также участились случаи возникновения ураганов, оползней, наводнений и других разрушительных погодных явлений. Все это, несомненно, отражается на системе электроснабжения, так как трассы воздушных и кабельных линий могут проходить через лесные зоны, у подножья гор, через овраги, с пересечением небольших горных речушек. Соответственно, схемы систем до и после реконструкции в рассматриваемом аварийном режиме (рис.1,2) будут выглядеть, как показано на рис.3,4, соответственно.

Целью настоящего исследования является анализ и оцен-

Таблица 1. Типы показателей надежности элементов фрагмента схемы

Элемент	Тип	λ_{NS} (1/год)	T_{SR} ($1/\mu_{SR}$) (ч/отказ)	T_{RN} ($1/\mu_{RN}$) (час/отказ)	λ_{NM} (1/год)	T_{MN} ($1/\mu_{MN}$) (час/рем)
Абсолютно надежный элемент	9	0,0	1,0	1	0,0	1
Разъединитель линейный 110 кВ	11	0,01	2,0	12	0,166	6,1
Разъединитель секционный 110 кВ	12	0,01	2,0	12	0,166	6,1
Отделитель с короткозамыкателем 110 кВ	13	0,013	2,0	7	0,33	8,5
Отделитель секционный 110 кВ	14	0,013	2,0	7	0,33	8,5
Трансформатор 110/6 кВ	15	0,014	2,0	76	0,75	28
Секция шин 110 кВ + 2 присоединения	16	0,032	2,0	5	0,332	4
Секция шин 6 кВ + 7 присоединений	17	0,21	2,0	5	1,162	5
Секция шин 6 кВ + 6 присоединений	18	0,18	2,0	5	0,996	5
Выключатель линейный масляный 6 кВ	19	0,015	2,0	9	0,14	6,8
Выключатель элегазовый 110 кВ	20	0,0072	2,0	24,6	0,14*	28,9*
Выключатель секционный элегазовый 110 кВ	21	0,0072	2,0	24,6	0,14*	28,9*
Разъединитель шинный 110 кВ	22	0,01	2,0	12	0,166	6,1
Разъединитель трансформаторный 110 кВ	23	0,01	2,0	12	0,166	6,1
Секция шин 110 кВ + 3 присоединения	24	0,048	2,0	5	0,498	4
Воздушная линия 110 кВ	99	0,11	2,0	6,9	0,22	15
Выключатель секционный масляный 6 кВ (на основе метода учета секционного (резервного) выключателя [4])	191	$0,015 * P_{rab.CV} = 9,11E-05$	2,0	9	$0,014 * P_{rab.CV} = 8,51E-04$	6,8

* неизвестные данные для элегазовых выключателей аппроксимируются данными из справочника [2] для масляных выключателей.

Таблица 2. Элемент: тип (показателей надежности), ...

Схема системы до реконструкции в аварийном режиме
5:19, 7:19, 13:16,14:15, 16:17, 21:18, 22:11, 31:13, 50:99, 63:19, 64:19, 65:19, 66:19, 67:19, 68:19, 69:19, 70:19, 71:19, 72:19, 73:19, 74:19, 75:19, 1001:9, 1007:9
Схема системы после реконструкции в аварийном режиме
1:20, 2:21, 3:23, 5:19, 7:19, 9:23, 11:19, 13:24, 14:15, 16:17, 18:16, 19:15, 21:18, 22:11, 24:22, 26:12, 27:12, 50:99, 63:19, 64:19, 65:19, 66:19, 67:19, 68:19, 69:19, 70:19, 71:19, 72:19, 73:19, 74:19, 75:19, 1001:9, 1002:9, 1005:9, 1006:9

Таблица 3. Вероятность, интенсивность и продолжительность аварийного режима, связанного с отключением одной из двух питающих линий

Схема системы аварийного режима работы подстанции	$P_{av_xx_rec}$	$f_{av_xx_rec}$ (1/год)	$T_{av_xx_rec}$ (час)
До реконструкции (av_do_rec)	1,24009132420091E-03	1,01200000000000E+00	10,73
После реконструкции (av_p_rec)	1,28381735159817E-03	1,02600000000000E+00	10,96

Таблица 4. Элемент : зона влияния; ...

Схема системы до реконструкции в аварийном режиме
50 : 1009 22 1001 31 13 1007 14 5; 1009 : 50 22 1001 31 13 1007 14 5; 22 : 50 1009 1001 31 13 1007 14 5; 1001 : 50 1009 22 31 13 1007 14 5; 31 : 50 1009 22 1001 13 1007 14 5; 13 : 50 1009 22 1001 31 1007 14 5; 1007 : 50 1009 22 1001 31 13 14 5; 14 : 50 1009 22 1001 31 13 1007 5; 5 : 50 1009 22 1001 31 13 1007 14 16 7 63 64 65 66 67 68 69; 16 : 5 7 63 64 65 66 67 68 69; 7 : 5 16 21 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75; 21 : 7 70 71 72 73 74 75; 69 : 5 7 16 63 64 65 66 67 68; 70 : 7 21 71 72 73 74 75
Схема системы после реконструкции в аварийном режиме
50 : 1009 22 1001 1; 1009 : 50 22 1001 1; 22 : 50 1009 1001 1; 1001 : 50 1009 22 1; 1 : 50 1009 22 1001 1002 24 13 26 1005 2 3 14 5; 1002 : 1 24 13 26 1005 2 3 14 5; 24 : 1 1002 13 26 1005 2 3 14 5; 13 : 1 1002 24 26 1005 2 3 14 5; 26 : 1 1002 24 13 1005 2 3 14 5; 1005 : 1 1002 24 13 26 2 3 14 5; 3 : 1 1002 24 13 26 1005 2 14 5; 14 : 1 1002 24 13 26 1005 2 3 5; 1006 : 2 27 18 9 19 11; 27 : 2 1006 18 9 19 11; 18 : 2 1006 27 9 19 11; 9 : 2 1006 27 18 19 11; 19 : 2 1006 27 18 9 11; 2 : 1 1002 24 13 26 1005 3 14 5 1006 27 18 9 19 11; 5 : 1 1002 24 13 26 1005 2 3 14 16 7 63 64 65 66 67 68 69; 11 : 2 1006 27 18 9 19 21 7 70 71 72 73 74 75; 16 : 5 7 63 64 65 66 67 68 69; 21 : 11 7 70 71 72 73 74 75; 7 : 5 11 16 21 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75; 69 : 5 7 16 63 64 65 66 67 68; 70 : 11 7 21 71 72 73 74 75

ка надежности системы электроснабжения, работающей в аварийном режиме до и после модернизации при следующих предположениях.

Предполагается, что каждый элемент системы может находиться в одном из четырех состояний I_α , $\alpha \in \{N, R, S, M\}$, где I_N – состояние нормальной работы, I_S – состояние между отказом и завершением оперативных переключений (отказ типа “короткое замыкание”), I_R – состояние аварийного ремонта (отказ типа “обрыв цепи”), I_M – состояние профилактического ремонта (отказ типа “обрыв цепи”). Переходы между состояниями описываются моделью Маркова. Марковская модель для одного элемента представлена на рис.5.

Данные о надежности элементов системы, взятые согласно [2,3], приводятся в табл.1,2. Тип 9 соответствует абсолютно надежному элементу системы, который дает нулевой вклад в результирующие показатели надежности.

Секционный выключатель 2 фрагмента схемы систе-

мы электроснабжения после реконструкции и секционный выключатель 7 фрагмента схемы системы электроснабжения до реконструкции в аварийном режиме работают постоянно. Соответственно, показатели надежности этих элементов будут аналогичны линейным выключателям своего класса напряжения (табл.1, тип 11 и тип 19) и уточнений не требуют.

Данные о надежности секционного выключателя 7 для фрагмента схемы системы электроснабжения после реконструкции в аварийном режиме формируются в соответствии с методикой [4, 5].

Расчет вероятности (интенсивности) неработоспособности элементов производится согласно

$$P_{nerab.i} = \lambda_{NS_i} \cdot (T_{SR_i} + T_{RN_i}) + \lambda_{NM_i} \cdot T_{MN_i}, \quad (f_{nerab.i} = \lambda_{NS_i} + \lambda_{NM_i}) \quad (1)$$

где i номер соответствующего элемента схемы.

Вероятность работы секционного выключателя 7 для фрагмента схемы системы электроснабжения после рекон-

ОБОСНОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ АВР-110 КВ ...

Таблица 5. Классы сечений

Класс	Элементы класса (сечения)
Схема системы до реконструкции в аварийном режиме	
1	50, 1009, 22, 1001, 31, 13, 1007, 14, 5, 16
2	7, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69
3	69 7, 69 21, 69 70
4	71 69, 72 69, 73 69, 74 69, 75 69
Схема системы после реконструкции в аварийном режиме	
1	50, 1009, 22, 1001, 1, 1002, 24, 13
2	26, 1005, 2, 3, 14, 5, 7
3	14 1005, 14 2, 14 1006, 14 27, 14 18, 14 9, 14 19, 14 11, 14 21, 5 1005, 5 2, 5 1006, 5 27, 5 18, 5 9, 5 19, 5 11, 5 21, 16 1005, 16 2, 16 1006, 16 27, 16 18, 16 9, 16 19, 16 11, 16 21, 69 70, 3 26, 14 26, 5 26, 16 26, 69 21, 3 1005, 3 2, 3 1006, 3 27, 3 18, 3 9, 3 19, 3 11, 3 21, 16 70
4	70 14, 71 14, 72 14, 73 14, 74 14, 75 14, 63 1005, 64 1005, 65 1005, 66 1005, 67 1005, 68 1005, 69 1005, 63 2, 64 2, 65 2, 66 2, 67 2, 68 2, 69 2, 63 1006, 64 1006, 65 1006, 66 1006, 67 1006, 68 1006, 69 1006, 63 27, 64 27, 65 27, 66 27, 67 27, 68 27, 69 27, 63 18, 64 18, 65 18, 66 18, 67 18, 68 18, 69 18, 63 9, 64 9, 65 9, 66 9, 67 9, 68 9, 69 9, 63 19, 64 19, 65 19, 66 19, 67 19, 68 19, 69 19, 63 11, 64 11, 65 11, 66 11, 67 11, 68 11, 70 5, 71 5, 72 5, 73 5, 74 5, 75 5, 63 21, 64 21, 65 21, 66 21, 67 21, 68 21, 71 16, 72 16, 73 16, 74 16, 75 16, 63 70, 64 70, 65 70, 66 70, 67 70, 68 70, 71 69, 72 69, 73 69, 74 69, 75 69, 63 26, 64 26, 65 26, 66 26, 67 26, 68 26, 69 26, 70 3, 71 3, 72 3, 73 3, 74 3, 75 3
5	63 71, 63 72, 63 73, 63 74, 63 75, 64 71, 64 72, 64 73, 64 74, 64 75, 65 71, 65 72, 65 73, 65 74, 65 75, 66 71, 66 72, 66 73, 66 74, 66 75, 67 71, 67 72, 67 73, 67 74, 67 75, 68 71, 68 72, 68 73, 68 74, 68 75
6	69 11
7	3 70 7, 14 70 7, 5 70 7, 69 7 26, 69 7 1005, 69 7 2, 69 7 1006, 69 7 27, 69 7 18, 69 7 9, 69 7 19, 69 7 11

Таблица 6. Класс : Состояния отказа; ...

1 : I_M, I_R ; 2 : I_S ; 3 : $I_R K_R, I_M K_R, I_R K_M$; 4: $I_S K_R, I_S K_M$; 5: $I_S K_S$; 6: $I_S K_R, I_R K_S, I_S K_M, I_M K_S$;
 7: $I_R K_R O_R, I_M K_R O_R, I_R K_M O_R, I_R K_R O_M$

Таблица 7. Вклад сечений различных классов в вероятность состояния отказа системы

Сумма по классам	P_{otk/av_do_rek}	P_{otk/av_p_rek}
	До реконструкции	После реконструкции
1	4,51901826484018E-03	1,45882648401826E-03
2	2,73972602739726E-05	1,28518493150685E-05
3	1,45047006376624E-08	1,39402307411665E-06
4	1,70184439629927E-09	1,58150005087956E-07
5	0	3,51848376806155E-10
6	0	6,80737758519706E-10
7	0	1,14774699528829E-14
1,2,3,4,5,6,7	4,54643173165919E-03	1,47323153901015E-03

Таблица 8. Вклад сечений различных классов в средний параметр потока отказа системы

Сумма по классам	$\int_{otk/av_do_rek} (1/год)$	$\int_{otk/av_p_rek} (1/год)$
	До реконструкции	После реконструкции
1	3,50400000000000E+00	1,37520000000000E+00
2	1,20000000000000E-01	5,62910999999999E-02
3	3,98493150684932E-05	2,17201068493151E-03
4	9,56335616438356E-06	7,92181232876713E-04
5	0	3,08219178082192E-06
6	0	3,82534246575343E-06
7	0	2,83847580182857E-11
1,2,3,4,5,6,7	3,62404941267124E+00	1,43446219948044E+00

струкции в аварийном режиме (рис.4) вычисляется по формуле

где $P_{nerab,i}$ – вероятность неработоспособности элемента i ,

$$P_{rab,CV} = P_{nerab,26} + P_{nerab,2} + P_{nerab,27} + P_{nerab,18} + P_{nerab,9} + P_{nerab,19} +$$

$$+ P_{nerab,11} + P_{nerab,3} + P_{nerab,14} + P_{nerab,5},$$

вычисляемая по формуле (1).

Для данных (табл.1) вероятность работы секционного выключателя 7 равна $P_{rab,CV} = 6,07725114155251E-03$.

Используя вероятность работы секционного выключателя, произведем уточнение показателей надежности секционного выключателя 7 модифицированной схемы системы. Уточнение осуществляется путем поочередного умножения вероятности работы секционного выключателя на интенсивность отказа и интенсивность профилактических ремонтов (табл.1, тип 191).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Определение результирующих показателей структурной надежности аварийного режима производится в соответствии с теоремой умножения вероятностей

$$P(av \cdot otk) = P(av) \cdot P(otk/av), \tag{2}$$

где av – событие заключающееся в возникновении аварийного режима (отказ одного источника питания по стороне 110 кВ для схемы рис.1,2 и переход к снабжению по схеме рис.3,4 соответственно); otk – событие заключающееся в отказе системы электроснабжения (потеря питания потребителем $t=100$).

Показатели надежности возникновения аварийного режима. Вероятность и интенсивность появления данного режима работы системы определяется с помощью показателей надежности элементов, влияющих на возникновение аварийного режима. Питание по стороне 110 кВ осуществляется по двум линиям, то есть имеется два питающих ввода. Вследствие этого вероятность (интенсивность) возникновения аварийного режима работы системы удваивается.

Для фрагмента схемы системы электроснабжения до реконструкции (рис.1) вероятность (интенсивность) наступления аварийного режима

$$P_{av_do_rek} = 2 \cdot (P_{nerab,60} + P_{nerab,23}), \quad (\int_{av_do_rek} = 2 \cdot (\int_{nerab,60} + \int_{nerab,23})), \tag{3}$$

для фрагмента схемы системы электроснабжения после реконструкции (рис.2)

$$P_{av_p_rek} = 2 \cdot (P_{nerab,60} + P_{nerab,23} + P_{nerab,8}), \tag{4}$$

$$(\int_{av_do_rek} = 2 \cdot (\int_{nerab,60} + \int_{nerab,23} + \int_{nerab,8})).$$

Полученные по формулам (3), (4) результаты представлены в табл.3.

В схеме до реконструкции возможно отключение части потребителей в течение $P_{av_do_rek} \cdot 8760 \approx 10,86$ часа в год. Для схемы после реконструкции работа секционного выключателя 7 во время аварийного режима, приводящая к отключению части потребителей, происходит в течение $P_{av_p_rek} \cdot P_{rab,CV} \cdot 8760 \approx 0,07$ часа в год.

Параметры возникновения (вероятность, интенсивность) аварийного режима работы электроэнергетических систем (рис.3,4) сравнимы и приближенно равны между собой. Это позволяет произвести сравнение надежности схем до и после реконструкции посредством сравнения параметров отказов в аварийных режимах.

Показатели надежности схем (рис.3,4). На основе информации о влиянии элементов (табл.4) могут быть сформированы классы сечений (табл. 5) для схем до и после реконструкции. Состояния отказа для каждого класса представлены в табл.6. При этом сечения классов 3,7 являются соответственно двух- и трехэлементными разрезами графов систем рис.3,4, и могут быть получены на основе алгоритма [6,7,8], а остальные классы – на основе алгоритма [8].

На основе формул [8,9] вычисляются результирующие (табл.7,8) показатели структурной надежности схем систем рис.3,4 (средний параметр потока отказов системы и вероятность состояния отказа системы). Указанные показатели надежности получены с использованием программ [10,11].

Вероятность потери питания потребителем $t=100$ для схемы рис.4 в $P_{otk/av_do_rek} / P_{otk/av_p_rek} \approx 3$ раза меньше, чем для схемы рис.3, при этом частота такого события реже в $\int_{otk/av_do_rek} / \int_{otk/av_p_rek} \approx 2,5$ раза, а продолжительность состояния отказа меньше в $3/2,5 \approx 1,2$ раза.

Показатели структурной надежности системы электроснабжения, работающей в аварийном режиме. В соответствии с теоремой умножения вероятностей (2) произведем расчет результирующих показателей структурной надежности исследуемого аварийного режима. При возникновении аварийного режима, связанного с отключением одной из двух питающих линий с частотой один раз в год, вероятность состояния отказа системы до реконструкции составляет

$$P_{av*otk_do_rek} = P_{av_do_rek} * P_{otk/av_do_rek} = 5,63799054650228E-06.$$

Соответственно, продолжительность состояния отказа составляет $P_{av*otk_do_rek} * 8760 \approx 0,049$ часа в году.

Вероятность состояния отказа системы после реконструкции составляет

$$P_{av*otk_p_rek} = P_{av_p_rek} * P_{otk/av_p_rek} = 1,89136021270291E-06$$

Соответственно, продолжительность состояния отказа составляет $P_{av*otk_p_rek} * 8760 \approx 0,017$ часа в году.

Таким образом, вероятность состояния отказа уменьшается в $P_{av*otk_do_re} / P_{av*otk_p_rek} \approx 3$ раза.

Выводы

Установка АВР по стороне 110 кВ исследуемой схемы электроснабжения представляется целесообразной, поскольку повысит надежность и эффективность ее работы. Благодаря проведению технического перевооружения удастся снизить вероятность возникновения исследуемого состояния отказа электроэнергетической системы в 3 раза. При этом исключается возможность ежегодного ограничения снабжения (отключение части потребителей) электроэнергии, а следовательно, потери ожидаемой прибыли энергоснабжающей организацией в течение 10,79 часа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Госэнергонадзор Минэнерго России. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2003. – 392 стр.
2. Электротехнический справочник. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общ. ред. В.Г. Герасимова и др. – М., МЭИ, 2004. С. 268–271.
3. Надежность систем энергетики и их оборудования. Справочник: В 4-х т./Под общей ред. Ю.Н. Руденко. Т.2. Надежность электроэнергетических систем. Справочник/Под ред. М.Н. Розанова. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 568 с.
4. Бурмутаев А.Е. Метод учета секционного (резервного) выключателя // Международная научно-техническая

конференция студентов, магистров, аспирантов Энергоэффективность и энергобезопасность производственных процессов. – Тольятти: ТГУ, 2009. С. 316-319.

5. Бурмутаев А.Е. Использование метода учета работы секционного выключателя при расчете результирующих показателей структурной надежности систем электроснабжения // Международная научно-техническая конференция студентов, магистров, аспирантов Энергоэффективность и энергобезопасность производственных процессов. – Тольятти: ТГУ, 2009. С. 304-316.

6. Гришкевич А.А., Ахтямов Э.Р. Перечисление одно-, двух- и трехэлементных разрезов графа // Международный семинар «Вычислительные методы и решение оптимизационных задач»: Материалы семинара. – Новосибирск: ЗАО РИЦ Прайс Курьер, 2004. – Том 3. – С. 57-63.

7. Grishkevich A., Piątek Ł. Algorithm and program for finding 1, 2 and 3 elements cuts in graphs // Polish Journal of Environmental Studies. - 2008. – Vol. 17. – No. 3B. – P. 309-313.

8. Гришкевич А.А. Комбинаторные методы исследования экстремальных структур математических моделей электрических цепей и систем. – Челябинск: ЮУрГУ, 2004. – 258 с.

9. Гришкевич А.А. Комбинаторный метод оценки надежности сложных сетевых систем. – Известия Челябинского научного центра, вып. 4(9), 2000. – С. 8–12. (http://www.sci.urfu.ac.ru:8002/news/2000_4/2000_4_1_2.pdf)

10. Гришкевич А.А., Айсарина В.Б., Арнаутова М.Г. Формирование классов сечений при оценке надежности сложных систем. – Программы для ЭВМ, базы данных, топологии интегральных микросхем: Официальный бюллетень Российского агентства по патентам и товарным знакам, № 4 (41), ч. 1, 2002. – С. 69–70. (Свидетельство РОСПАТЕНТа № 2002611217 от 25.07.2002.)

11. Гришкевич А.А., Чернышев Е.В. Расчет вклада сечений различных классов в результирующие показатели надежности сложной системы. – Программы для ЭВМ, базы данных, топологии интегральных микросхем: Официальный бюллетень Российского агентства по патентам и товарным знакам, № 3 (40), ч. 1, 2002. – С. 101. (Свидетельство РОСПАТЕНТа № 2002610643 от 29.04.2002.)

SUBSTANTIATION OF NECESSITY TO INTRODUCE THE SYSTEM OF AUTOMATIC INPUT OF A RESERVE 110 kV WHILE RECONSTRUCTION OF SYSTEM OF ELECTRO SUPPLY

© 2011

A.A. Grishkevich, doctor of technical sciences, professor, head of the chair «Numerical methods»
Czestochowa University of Technology, Czestochowa (Polka)

A.E. Burmutaev, senior lecturer of the chair «Electrical supply and electrical engineering»
Togliatti State University, Togliatti (Russia)

Keywords: reliability of electro supply systems; the System of automatic input of a reserve; repair conditions of electro-energy supplies.

Annotation: the article is about necessment of energo-supplies system while introduction automatic reserve on voltage 110 kV in case of reliabilitys' and safetys' rising.