

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ АВТОМАТИКИ ОГРАНИЧЕНИЯ ПЕРЕГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ

Р.Р. Саттаров, Р.Р. Гарафутдинов

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Россия

Существующие методы и средства противоаварийного управления не всегда обеспечивают необходимый уровень надежности. Поэтому разработка новых и совершенствование существующих средств противоаварийного управления с целью повышения надежности электрических систем и сетей является актуальной задачей. Одним из наиболее экономически эффективных методов является совершенствование и разработка новых алгоритмов работы средств противоаварийной автоматики. Основной трудностью является сложность учета и моделирования всех протекающих процессов. Однако в настоящее время имеется специализированное программное обеспечение для моделирования энергосистем с большой точностью. В данной работе предложен метод оценки необходимости усовершенствования противоаварийной автоматики. Приведено общее описание метода, а также пример его использования для оценки необходимости усовершенствования противоаварийной автоматики. Для оценки метода в программных комплексах PSCAD и RastrWin3 реализованы электрические сети 110 кВ, 220кВ, 500 кВ. Выполнен анализ режимов работы рассматриваемой электрической сети, а также проведено исследование адекватности работы автоматики ограничения перегрузки оборудования (АОПО). Усовершенствован существующий алгоритм работы АОПО, позволяющий исключить возможность отключения потребителей при аварийных событиях. Анализ результатов моделирования и расчета показывает эффективность предложенного метода и перспективность для обнаружения и выявления недостаточной эффективности противоаварийной автоматики.

Ключевые слова: противоаварийная автоматика, автоматика ограничения перегрузки оборудования, моделирование режимов, электроэнергетические системы.

Обозначения и сокращения

ПА	– противоаварийная автоматика;
АОПО	– автоматика ограничения перегрузки оборудования;
АРТ	– автоматическая разгрузка трансформатора;
АРЛ	– автоматическая разгрузка линии;
ТЭС	– тепловая электростанция;
АТ	– автотрансформатор;
ГВО	– график временного отключения потребителей;
ПС	– подстанция;
ВЛ	– воздушная линия;
РУ	– распределительное устройство;
УВ	– управляющие воздействия.

Введение

Нарушение нормального режима энергосистемы в результате воздействия аварийного возмущения приводит к недопустимому снижению надежности режима энергосистемы, возникновению в энергосистеме асинхронного режима, недопустимому снижению или повышению напряжения, недопустимому повышению или снижению частоты, повреждению оборудования в результате его перегрузки транзитными потоками мощности. Автоматическое противоаварийное управление режимом энергосистемы осуществляется для предотвращения развития возникшего в результате воздействия нарушения нормального режима и сохранения функционирования энергосистемы [1, 2].

Автоматическое противоаварийное управление осуществляется совокупностью ПА. Классификация ПА приведена на рис. 1 [3, 4].

В системе ПА, как правило, используются основные виды УВ указанные на рис. 2 [5, 6].

При невозможности использования указанных на рис. 2 видов УВ или их недостаточной эффективности могут использоваться иные дополнительные виды УВ.

Далее будет рассматриваться только АОПО, предназначенное для предотвращения недопустимой по величине и длительности токовой нагрузки электрооборудования [5]. АОПО включает в себя АРТ и АРЛ.

Основные мероприятия, применяемые в настоящее время, направленные на ликвидацию перегрузки, приведены на рис. 3 [6, 7].

В настоящее время возникают определенные случаи, когда существующих видов и алгоритмов ПА недостаточно для обеспечения надежной работы энергосистемы, поэтому уже сейчас требуется организация работ по созданию принципиально новых алгоритмов действия ПА. Необходимость усовершенствования той или иной ПА выявляется расчетами электроэнергетических режимов на математических моделях энергосистемы.

Перед определением пути усовершенствования ПА с целью повышения надежности электрической сети необходимо определить необходимость ее усовершенствования. Для определения необходимости усовершенствования ПА требуется



Рис. 1. Классификация противоаварийной автоматики

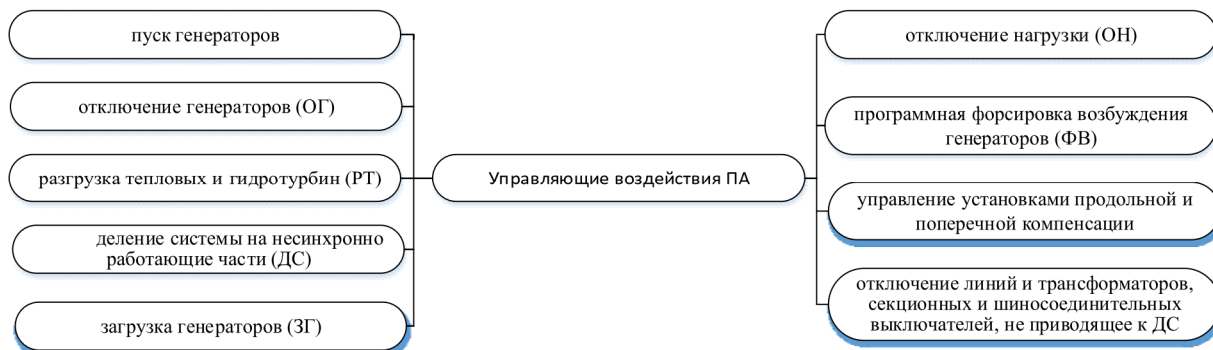


Рис. 2. Основные виды управляющих воздействий ПА



Рис. 3. Мероприятия по ликвидации перегрузки

проверка наличия недостаточной эффективности существующей ПА. Поэтому на первом этапе необходимо провести анализ режимов работы рассматриваемой электрической сети [8].

Оценка необходимости усовершенствования ПА

Для расчета аварийных событий требуется сформировать компьютерные расчетные модели рассматриваемой электрической сети, в которых необходимо смоделировать следующие исходные режимы [9]:

- зимний режим максимальных нагрузок;
- зимний режим минимальных нагрузок;
- летний режим максимальных нагрузок;
- летний режим минимальных нагрузок.

В зависимости от рассматриваемой сети могут моделироваться дополнительные режимы. Например, для электрических сетей с гидроэлектростанциями целесообразно рассмотреть паводковые режимы, в сетях с линиями сверхвысокого напряжения и шунтирующими их линиями более низкого напряжения целесообразно рассмотреть ре-

жимы с различным направлением активной мощности по линиям сверхвысокого напряжения, так как возникающие шунтирующие перетоки оказывают существенное влияние на загрузку оборудования.

Дополнительно к расчетам установившихся режимов требуется рассмотреть переходные режимы с построением расчетных моделей в соответствующих программных комплексах [10–14].

Для проведения анализа режимов необходимо выполнить расчеты электроэнергетических режимов при различных возмущениях: отключениях из нормальной схемы, из ремонтной схемы, из двойной ремонтной схемы [11, 15].

После проведения расчетов необходимо провести анализ режимов работы и анализ эффективности устройств ПА рассматриваемой электрической сети. Эффективность определяется нахождением режима в области допустимых значений после действия ПА (в соответствии с методическими указаниями по устойчивости энергосистем). При неэффективности ПА требуется разработать возможные варианты повышения эффективности.

Верификация метода

После разработки метода повышения надежности рассматриваемой сети необходимо выполнить проверочные расчеты, по результатам которых определить эффективность разработанного метода. Выполнять полный объем расчетов, которые проводились на этапе анализа режимов работы сети не обязательно, достаточно смоделировать режимы, в которых была выявлена неэффективность ПА с учетом реализации разработанных мероприятий [16–18].

Таким образом, сравнив режимы без учета разработанного метода повышения надежности сети и с ее учетом, можно сделать вывод об эффективности метода и необходимости его реализации на энергообъектах.

Пример реализации метода

Для оценки надежности электрической сети по описанным выше мероприятиям рассмотрена электрическая сеть (энергорайон), приведенная на рис. 4, и проанализирована работа АОПО АТ-1,2 ПС 500 кВ.

Рассматриваемый энергорайон состоит:

1) из ТЭС с РУ 110 кВ и 500 кВ, связанными между собой двумя автотрансформаторами. ТЭС имеет один генератор мощностью 300 МВт на РУ 110 кВ и три генератора суммарной мощностью 900 МВт на РУ 500 кВ. РУ 110 кВ имеет эквивалентную нагрузку потребителей;

2) ПС 500 кВ с РУ 500 кВ, РУ 220 кВ, РУ 110 кВ, связанными между собой тремя автотрансформаторами. РУ 110 кВ имеет эквивалентную нагрузку потребителей;

3) ПС 220 кВ с РУ 220 кВ и РУ 110 кВ, связанными между собой двумя автотрансформаторами. РУ 110 кВ имеет эквивалентную нагрузку потребителей;

4) ПС 110 кВ, в которой РУ 110 кВ имеет эквивалентную нагрузку потребителей.

При находящемся в работе генераторе на РУ 110 кВ ТЭС, он полностью покрывает нагрузку в узле 110 кВ ТЭС даже при отключении двух автотрансформаторов ТЭС.

АОПО АТ-1,2 ПС 500 кВ имеет 6 ступеней и работает с целью разгрузки трансформаторов путем перераспределения перетоков мощности. Перераспределение достигается переводом питания подстанций на другой источник питания. Если действия автоматики недостаточно, то крайней мерой является введение графиков временного отключения потребления (ГВО).

Для расчета аварийных событий разработаны следующие исходные режимы:

- летний максимум потребления с перетоком по ВЛ 500 кВ в сторону ПС 500 кВ;
- зимний максимум потребления с перетоком по ВЛ 500 кВ в сторону ПС 500 кВ;
- летний максимум потребления с перетоком по ВЛ 500 кВ в сторону ТЭС;
- зимний максимум потребления с перетоком по ВЛ 500 кВ в сторону ТЭС.

В связи с тем, что рассматриваемый нами энергорайон является дефицитным, режимы минимальных нагрузок не рассматривались.

Прогнозные балансы электрической энергии приняты в соответствии с СИПР РБ на период 2019–2023 гг. [19].

Расчеты режимов выполнялись в двух программных комплексах:

- для расчетов установившихся режимов ПК «RastrWin3» (рис. 5);
- для расчетов переходных режимов PSCAD [20] (рис. 6).

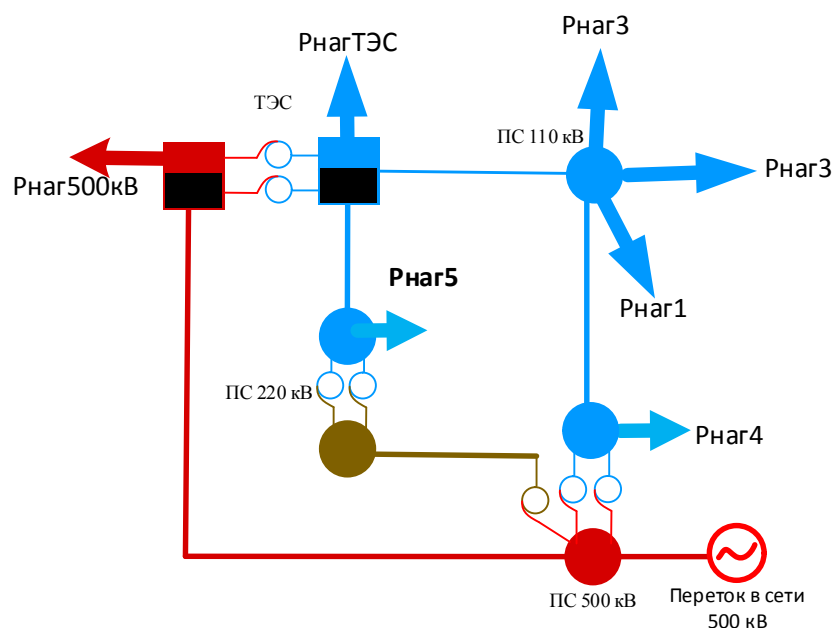


Рис. 4. Упрощенная схема рассматриваемой электрической сети

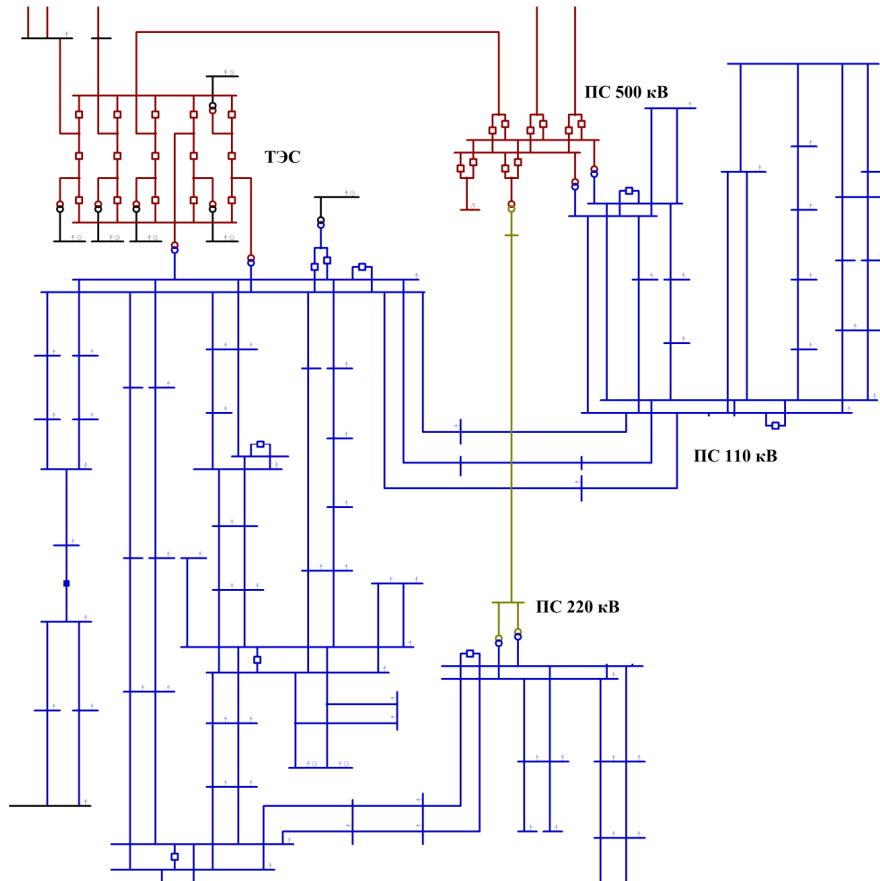


Рис. 5. Модель рассматриваемой электрической сети в ПК RastrWin3

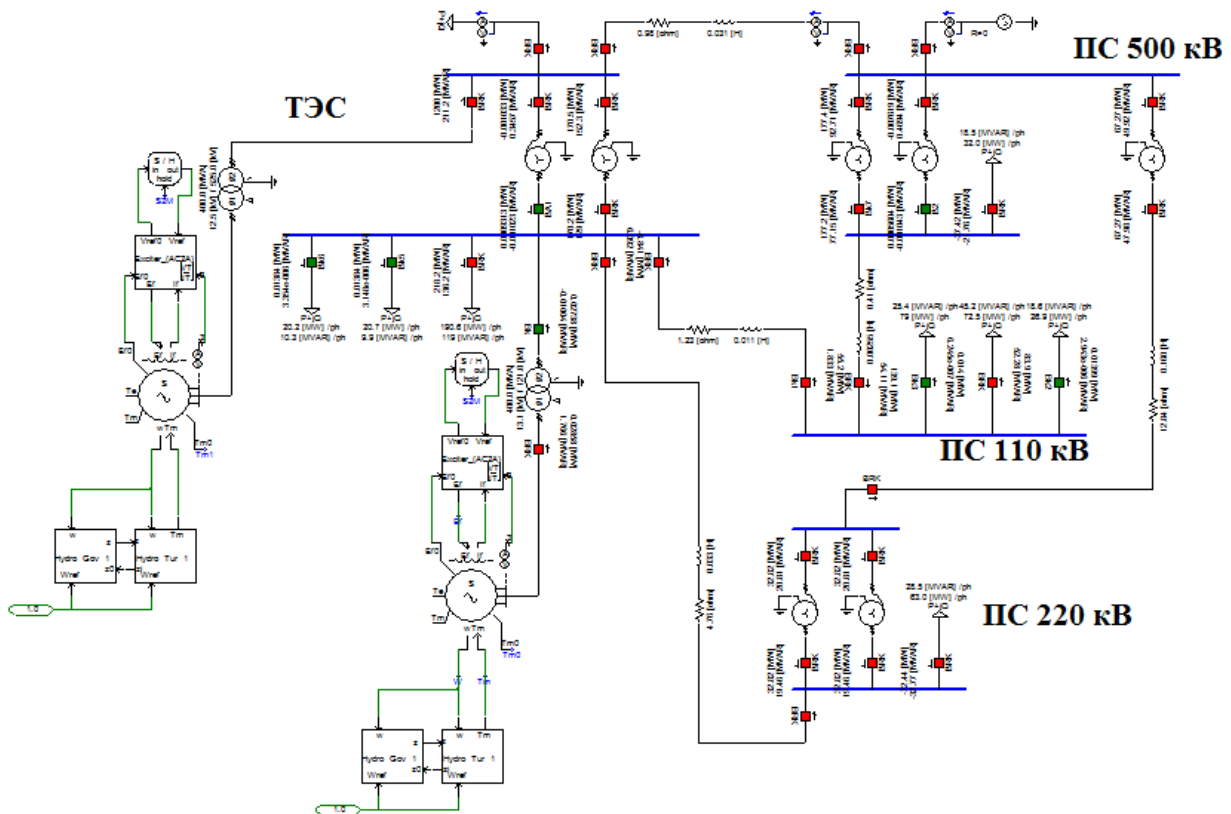


Рис. 6. Модель рассматриваемой электрической сети в PSCAD

На указанных выше исходных режимах выполнены расчеты электроэнергетических режимов и рассмотрено более 30 режимов при отключениях из нормальной схемы, ремонтной схемы, двойной ремонтной схемы. Перечень рассматриваемых ремонтных схем и возмущений выбирался исходя из наибольшего влияния отключенных сетевых элементов на работу рассматриваемой АОПО АТ-1,2 ПС 500 кВ.

На основе результатов расчета электрической сети при отключениях из нормальной схемы и ремонтных схем можно сделать вывод о надежности схемы электроснабжения энергорайона, сеть сохраняет устойчивость при отключении любого элемента электрической сети и после действия автоматики не приводит к перегрузкам и недопустимому снижению напряжения в узлах нагрузки.

На основе результатов расчета электрической сети при отключениях в двойных ремонтных схемах можно сделать вывод, что электрическая сеть сохраняет устойчивость при нормативных возмущениях. Однако в режиме ремонта генератора на РУ 110 кВ ТЭС и одного из АТ при последующем

аварийном отключении одного АТ на ПС 500 кВ возникает недопустимый перегруз оставшегося АТ на ПС 500 кВ шунтирующими перетоками от ВЛ 500 кВ ТЭС – ПС 500 кВ (рис. 7), вследствие чего необходимо отключать потребителей, что является недостатком, а в период отопительного сезона отключение потребителей недопустимо.

Усовершенствованный алгоритм

Для исключения необходимости отключения потребителей в послеаварийных режимах предлагается ввод дополнительной ступени АОПО АТ-1,2 ПС 500 кВ, действующей на размыкание транзита по ВЛ 110 кВ ТЭС – ПС 110 кВ [21]. Ввод данной ступени позволит разгрузить автотрансформаторы от транзитных перетоков, возникающих в шунтирующей сети, тем самым позволит снизить загрузку сетевого оборудования до допустимых значений без отключения потребителей. При достижении величины тока до уставки срабатывания формируется сигнал, который дает команду на отключение транзита. Для этой ступени необходимо предусмотреть в данной сети блоки-

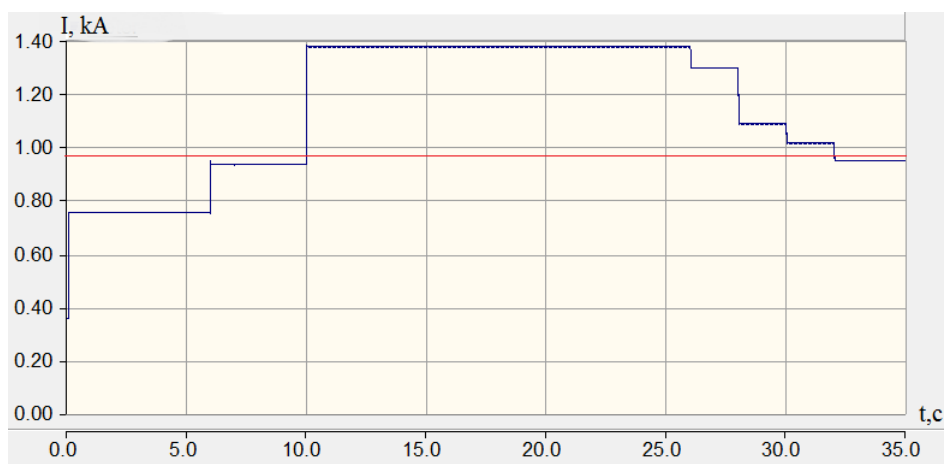


Рис. 7. Изменение тока в обмотке 110 кВ АТ-1 ПС 500 кВ Буйская при аварийных отключениях

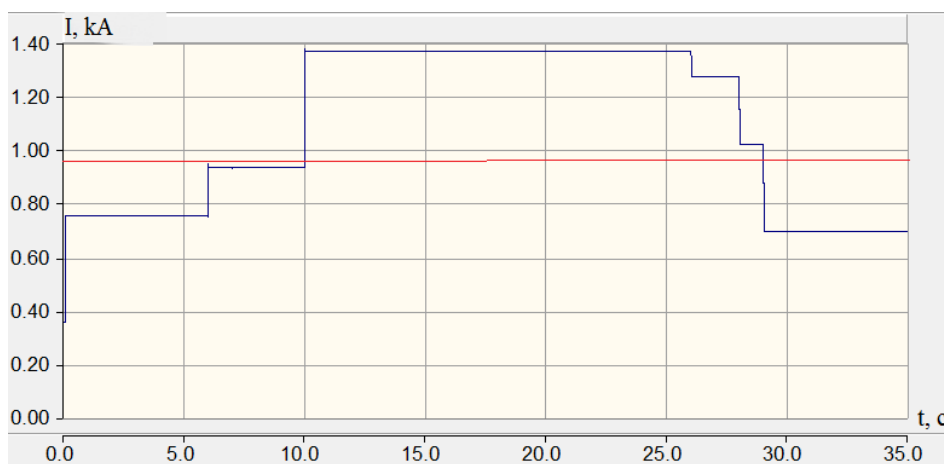


Рис. 8. Изменение тока в обмотке 110 кВ АТ-1 ПС 500 кВ Буйская при аварийных отключениях с использованием усовершенствованной ПА

ровки, которые не позволят ступени работать неправильно и тем самым утяжелить режим:

1) Блокировка по направлению мощности. Ступень не должна работать при направлении потока по ВЛ 110 кВ ТЭС – ПС 110 кВ в сторону ПС 110 кВ. Так как в этом режиме идет подпитка энергорайона и отключение транзита усугубит ситуацию.

2) Блокировка при отключенном состоянии двух автотрансформаторов на ТЭС. В режиме, когда оба автотрансформатора на ТЭС отключены, транзит по ВЛ 110 кВ ТЭС – ПС 110 кВ служит дополнительной связью с единой энергосистемой и при последующем отключении генератора на РУ 110 кВ ТЭС обеспечит электроснабжение нагрузки РУ 110 кВ ТЭС. Поэтому для новой ступени вводится запрет на работу при отключенном состоянии обоих автотрансформаторов ТЭС.

После усовершенствования АОПО АТ-1,2 ПС 500 кВ повторно проведены расчеты только тех режимов, в которых ранее была выявлена неэффективность рассматриваемой АОПО. Из этих расчетов видно, что дополнительная ступень АОПО АТ-1,2 ПС 500 кВ работает достаточно эффективно: снижается нагрузка сетевого оборудования до допустимых значений без отключения потребителей (рис. 8).

Заключение

Таким образом, в результате анализа ПА в рассматриваемой электрической сети была выявлена недостаточная ее эффективность, предложен метод повышения эффективности ПА для повышения надежности рассматриваемой электрической сети в целом. Проверочные расчеты доказали эффективность предложенного метода, из чего следует, что усовершенствование ПА в целом позволяет повышать надежность электрической сети без капитального строительства новых энергообъектов.

Литература

1. СТО 59012820.29.240.001-2011. Стандарт организации «Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика энергосистем. Условия организации процесса. Условия создания объекта. Нормы и требования».

2. Morison, K. Power system security assessment / K. Morison, L. Wang, P. Kundur // *Power and Energy Magazine, IEEE*. – 2004. – Vol. 2, no. 5. – P. 30–39. DOI: 10.1109/trae.2004.1338120

3. Илюшин, П.В. Выбор управляющих воздействий противоаварийной автоматики в распределительных сетях для повышения надежности электроснабжения потребителей / П.В. Илюшин // *Релейная защита и автоматизация*. – 2013. – № 3 (12). – С. 74–81.

4. Weckesser, T. Investigation of the adaptability

of transient stability assessment methods to real-time operation / T. Weckesser, H. Johannsson, S. Soinmer // *3rd IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT Europe) IEEE*. – 2012. – P. 1–9. DOI: 10.1109/isgteurope.2012.6465835

5. Воронай, Н.И. Комплекс интеллектуальных средств для предотвращения крупных аварий в электроэнергетических системах / Н.И. Воронай. – Новосибирск: Наука, 2016. – 332 с.

6. Sidorov, D. Noil-stationary antoregressive model for on-line detection of inter-area oscillations in power systems 2010 / D. Sidorov, D. Panasetzky, V. Smidi // *IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conf. Europe (ISGT Europe)*. – 2010. – P. 1–5. DOI: 10.1109/isgteurope.2010.5638992

7. Jackson, J. Modeling Instruction: An Effective Model for Science Education / J. Jackson, L. Dukerich, D. Hestenes // *Science Educator*. – 2008. – Vol. 17, no. 1.

8. A graphical electromagnetic simulation laboratory for power systems engineering programs / A.M. Gole, O.B. Nayak, T.S. Sidhu, M.S. Sachdev // *IEEE Transactions on Power Systems*. – 1996. – Vol. 11, iss. 2. DOI: 10.1109/59.496082

9. СТО 59012820.27.010.001-2017. Проведение расчетов электроэнергетических режимов и определение решений при перспективном развитии энергосистем. Основные требования.

10. Handbook of electrical power system dynamics: modeling, stability, and control / Edited by M. Eremia, M. Shahidehpour. – John Wiley and Sons, 2013. – 942 p. DOI: 10.1002/9781118516072

11. Самтаров, Р.Р. Компьютерное моделирование коротких замыканий в простейших электрических системах – возможности использования в обучении / Р.Р. Самтаров, Р.Р. Гарафутдинов // *Электротехнические комплексы и системы: материалы междунар. науч.-практ. конф., Уфим. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: РИК УГАТУ, 2016. – С. 214–219.*

12. Сулайманов, А.О. Концепция адекватного моделирования релейной защиты и противоаварийной автоматики энергосистем / А.О. Сулайманов, М.В. Андреев, Н.Ю. Рубан // *Электричество*. – 2012. – № 6. – С. 17–20.

13. Momoh, J.A. Electric power distribution, automation, protection, and control / J.A. Momoh. – CRC Press, Taylor & Francis Group, 2007. – 360 p.

14. Ibrahim, A.A. Impacts of Voltage Dips in Doubly Fed Induction Motor for Wind Turbine Generation Systems / A.A. Ibrahim, E.V. Solomin // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика»*. – 2018. – Т. 18, № 4. – С. 41–51. DOI: 10.14529/power180405

15. Cholley, P. System protection schemes in power networks / P. Cholley., P. Crosslev., V. Van Acker et al. // *CIGRE Technical Brochure*. – 2001.

16. Wang, M. A Review on AC and DC Protection Equipment and Technologies / M. Wang, M. Abe-

drabbo, W. Leterme et al. // *Towards Multivendor Solution CIGRE Winnipeg 2017 Colloquium Study Committees Winnipeg, Canada, September 30 – October 6, 2017.*

17. Short, T.A. *Electric power distribution equipment and systems / T.A. Short. – EPRI Solutions, Inc. Schenectady, NY, 2013.*

18. Soboleva, M.A. *Determining the limiting electric power system operating conditions on the basis admittances matrices with respect to the emfs of equivalent generators / M.A. Soboleva, A.G. Fishov // The Electricity Journal. – 2013. – No. 8. – P. 9.*

19. *Схема и программа перспективного раз-*

вития электроэнергетики Республики Башкортостан на 2019–2023 годы.

20. Саттаров, Р.Р. *Повышение надежности сетей 6–35 кВ путем применения метода STA/LTA / Р.Р. Саттаров, Р.Р. Гарафутдинов, Р.Р. Хафизов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2018. – Т. 18, № 3. – С. 30–37. DOI: 10.14529/power180304*

21. Фишов, А.Г. *Реконфигурация электрических сетей с распределенной генерацией и мультиагентным управлением / А.Г. Фишов, Б.Б. Мукатов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2015. – Т. 326, № 9. – С. 143–152.*

Саттаров Роберт Радилевич, д-р техн. наук, профессор, кафедры «Электромеханика», Уфимский государственный авиационный технический университет, г.Уфа, sattar.rb@gmail.com.

Гарафутдинов Рустам Разифович, магистрант 2-го курса, кафедры «Электромеханика», Уфимский государственный авиационный технический университет, г.Уфа, garafutdinov_r_r@mail.ru.

Поступила в редакцию 20 июня 2019 г.

DOI: 10.14529/power200104

MODELING ADVANCED AUTOMATIC OVERCURRENT LIMITING SYSTEM

R.R. Sattarov, sattar.rb@gmail.com,

R.R. Garafutdinov, garafutdinov_r_r@mail.ru

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation

The existing methods and means of emergency control are not always reliable enough. Therefore, the development of new and the improvement of existing means of emergency control is an urgent task, aimed at improving the reliability of the electrical systems and networks. One of the most cost-effective methods is the improvement and development of new algorithms for emergency automation. The main difficulty is the complexity of all processes accounting and modeling. However, special software is now available to model power systems with great precision. The paper proposes a method to assess the need for the emergency response systems improvement. The paper presents a general description of the method, as well as an example of its use to assess the need to improve emergency automatics. To evaluate the method, the program complexes PSCAD and RastrWin3 have been used to simulate the 110 kV, 220 kV, 500 kV power network. The paper analyses its operation modes as well as studies the adequacy of the automatic overcurrent limiting system (AOLS). The existing AOLS algorithm has been improved to allow preventing the customers' disconnection during emergency events. The analysis of the simulation and calculation results shows the efficiency of the proposed method and the promising possibilities for the detection and identification of issues associated with the insufficient emergency automation efficiency.

Keywords: emergency automatics, automatic overcurrent limiting system, simulation, power system.

References

1. *STO 59012820.29.240.001-2011.* [The standard of the organization “Automatic emergency control modes of power systems. Emergency automation of power systems. Conditions of the process organization. Conditions for creating an object. Norms and requirements”]. (in Russ.)

2. Morison K., Wang L., Kundur P. Power system security assessment. *Power and Energy Magazine, IEEE*, 2004, vol. 2, no. 5, pp. 30–39. DOI: 10.1109/mpae.2004.1338120

3. Ilyushin P.V. [Choice of control actions of emergency control in distribution networks to increase the reliability of power supply to consumers]. *Relay Protection and Automation*, 2013, no. 3 (12), pp. 74–81. (in Russ.)

4. Weckesser T., Johannsson H., Soimer S. 3rd Investigation of the adaptability of transient stability assessment methods to real-time operation. *IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT Europe) IEEE*, 2012, pp. 1–9. DOI: 10.1109/isgteurope.2012.6465835
5. Voropay N.I. *Kompleks intellektual'nykh sredstv dlya predotvrashcheniya krupnykh avariiv v elektroenergeticheskikh sistemakh* [A set of intelligent tools to prevent major accidents in electric power systems]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2016. 332 p.
6. Sidorov D., Panasetsky D., Smidi V. Noil-stationary autoregressive model for on-line detection of inter-area oscillations in power systems. *2010 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conf. Europe (ISGT Europe)*, 2010, pp. 1–5. DOI: 10.1109/isgteurope.2010.5638992
7. Jackson J., Dukerich L., Hestenes D. Modeling Instruction: An Effective Model for Science Education. *Science Educator*, 2008, vol. 17, no. 1.
8. Gole A.M., Nayak O.B., Sidhu T.S., Sachdev M.S. A graphical electromagnetic simulation laboratory for power systems engineering programs. *IEEE Transactions on Power Systems*, May 1996, vol. 11, iss. 2. DOI: 10.1109/59.496082
9. *STO 59012820.27.010.001-2017*. [Carrying out calculations of electric power regimes and determining solutions for the prospective development of energy systems. Primary requirements]. (in Russ.)
10. Eremia M., Shahidehpour M. (Eds.). *Handbook of electrical power system dynamics: modeling, stability, and control*. John Wiley and Sons, 2013. 942 p. DOI: 10.1002/9781118516072
11. Sattarov R.R., Garafutdinov R.R. [Computer simulation of short circuits in the simplest electrical systems – the possibility of use in training]. *Electrotechnical complexes and systems: materials of the international scientific-practical conference, Ufa. RICK UGATU*, 2016, pp. 214–219. (in Russ.)
12. Sulaymanov A.O., Andreyev M.V., Ruban N.Yu. [The concept of adequate simulation of relay protection and emergency automation of power systems]. *Elektrichestvo* [Electricity], 2012, no. 6, pp. 17–20. (in Russ.)
13. Momoh J.A. *Electric power distribution, automation, protection, and control*. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2007. 360 p.
14. Ibrahim A.A., Solomin E.V. Impacts of Voltage Dips in Doubly Fed Induction Motor for Wind Turbine Generation Systems. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering*, 2018, vol. 18, no. 4, pp. 41–51. DOI: 10.14529/power180405
15. Cholley P., Crosslev P., Van Acker V. et al. System protection schemes in power networks. *CIGRE Technical Brochure*, 2001.
16. Wang M., Abedrabbo M., Leterme W., Hertem D. Van, Spallarossa C., Oukaili S., Grammatikos I., Kuroda K. A Review on AC and DC Protection Equipment and Technologies. *Towards Multivendor Solution CIGRE Winnipeg 2017 Colloquium Study Committees Winnipeg*, Canada September 30 – October 6, 2017.
17. Short T.A. *Electric power distribution equipment and systems*. EPRI Solutions, Inc. Schenectady, NY, 2013.
18. Soboleva M.A., Fishov A.G. Determining the limiting electric power system operating conditions on the basis admittances matrices with respect to the emfs of equivalent generators. *The Electricity Journal*, 2013, no. 8, pp. 9.
19. *Skhema i programma perspektivnogo razvitiya elektroenergetiki Respubliki Bashkortostan na 2019–2023 gody* [Scheme and program for the prospective development of the electric power industry of the Republic of Bashkortostan for 2019–2023].
20. Sattarov R.R., Garafutdinov R.R., Khafizov R.R. Improving the Reliability of 6–35 kV Networks by Using STA/LTA Method. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering*, 2018, vol. 18, no. 3, pp. 30–37. (in Russ.) DOI: 10.14529/power180304
21. Fishov A.G., Mukatov B.B. [Reconfiguration of electric networks with distributed generation and multi-agent control]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo-Resource Engineering*, 2015, vol. 326, no. 9, pp. 143–152. (in Russ.)

Received 20 June 2019

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Саттаров, Р.Р. Моделирование усовершенствованной автоматики ограничения перегрузки оборудования / Р.Р. Саттаров, Р.Р. Гарафутдинов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2020. – Т. 20, № 1. – С. 30–37. DOI: 10.14529/power200104

FOR CITATION

Sattarov R.R., Garafutdinov R.R. Modeling Advanced Automatic Overcurrent Limiting System. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering*, 2020, vol. 20, no. 1, pp. 30–37. (in Russ.) DOI: 10.14529/power200104