

ные натурные измерения подтвердили достоверность этой диаграммы.

Всё перечисленное справедливо для любой линии (радиальной, транзитной, под наведённым напряжением), отключённой и заземлённой во всех (или даже в одном) РУ, в целях последующего (после подготовки рабочего места) выполнения ремонта, если их отключение и заземление производится в соответствии с п. 22.1 Правил охраны труда [1].

Отдельно следует отметить линии под наведённым напряжением. В статье [7] подробно представлены компоненты наведённых напряжений и их «реакция» на заземление линий в РУ. Там же показано, что при возникновении КЗ на влияющей ВЛ на ПЗ рабочего места возникают напряжения в единицы киловольт. Это представляет реальную опасность для ремонтного персонала. Данное наведённое напряжение, так же как и вынесенный потенциал, имеет синфазный характер и наличие ПЗ на рабочем месте не является мерой обеспечения электробезопасности.

#### Выходы

1. Заземляющие устройства в РУ следует всегда принимать как активный элемент схемы сети.

2. Необходимо рассмотреть целесообразность применения в Правилах охраны труда понятия «линия под наведённым напряжением», чтобы использовать единый подход к выводу из работы в ремонт всех ВЛ выше 1000 В.

3. Требование п. 38.45. Правил охраны труда должно соблюдаться безусловно для всех ВЛ, отключаемых для проведения ремонтных работ. При этом в обязательном порядке необходимо сохранять указанную в настоящем пункте технологию установки ПЗ на рабочем месте (либо на двух смежных опорах), т. е. заземляющие ножки во всех РУ после установки ПЗ должны быть отключены.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила охраны труда при эксплуатации электроустановок. — М.: Омега-Л, 2014.

2. Правила устройства электроустановок. 6-е изд. — М.: Энергоатомиздат, 1985.

3. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. — М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003.

4. Инструкция по переключениям в электроустановках, утверждённая приказом Минэнерго России от 30.06.2003 г. № 266.

5. ГОСТ Р 55608—2013. Национальный стандарт Российской Федерации, 2014.

6. Вантеев А. И. Ещё раз о необходимости корректировки межотраслевых правил по охране труда при эксплуатации электроустановок // Энергетик. 2011. № 8.

7. Базанов В. П. О проблемах обеспечения электробезопасности при работах на ВЛ // Энергетик. 2010. № 2.

# РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ

## Использование программно-аппаратного комплекса RTDS для анализа функционирования автоматических регуляторов возбуждения: настройка АРВ разных типов для подавления низкочастотных колебаний в энергосистеме

АРЦИШЕВСКИЙ Я. Л., КЛИМОВА Т. Г., кандидаты техн. наук  
НИУ МЭИ; 111250, Москва, Красноказарменная ул., д. 14; TGKlim@mail.ru  
ЖУКОВ А. В., канд. техн. наук, САЦУК Е. И., доктор техн. наук  
РАСЩЕПЛЯЕВ А. И., магистр, ОАО «СО ЕЭС»



Я. Л. Ар-  
цишевский



Т. Г. Климова



А. В. Жуков



Е. И. Сацук



А. И. Рас-  
щепляев

Наличие низкочастотных колебаний (НЧК) режимных параметров в энергосистемах приводит к снижению статической и динамической устойчивости и существенно усложняет выбор настроек автоматических регуляторов возбуждения (АРВ) для всех схемно-режимных ситуаций. К тому же в АРВ применяются различные алгоритмы работы каналов стабилизации. Представлены методики расчёта областей статической устойчивости по требуемым параметрам АРВ и нахождения их значений, обеспечивающих заданное качество демпфирования. Данные методики проверены при анализе функционирования и определения настроек АРВ с алгоритмами работы каналов стабилизации в разнообразных схемно-режимных ситуациях. Проведено сопоставление работы АРВ с разными типами каналов стабилизации в одинаковых условиях работы, оценено влияние алгоритмов стабилизации на режимные параметры и демпфирование НЧК.

**Ключевые слова:** низкочастотные колебания, автоматический регулятор возбуждения, системные стабилизаторы, настройка автоматических регуляторов возбуждения, качество демпфирования.

**С**овременные системы моделирования, в том числе программно-аппаратные комплексы RTDS (Real-Time Digital Simulator), позволяют исследовать устройства релейной защиты и автоматики (РЗА) в реальном времени, моделировать события и явления в электроэнергетической системе (ЭЭС) с физическим подключением устройств РЗА, создавать новые методики исследования и настроек устройств, а также проверять их в условиях, близких к реальным. Автоматический регулятор возбуждения синхронного генератора (СГ) — сложное устройство, работу которого необходимо проверять и определять

его настройки перед вводом в эксплуатацию.

Наличие НЧК в энергосистеме усложняет выбор настроек АРВ для всех схемно-режимных ситуаций. Из множества характеристик НЧК при настройке АРВ особенно важен частотный диапазон существования НЧК. Как показано в [1], все виды НЧК воспринимаются СГ и проявляются в режимных параметрах на резонансных частотах независимо от возмущений (внутренних или внешних), в результате которых они возникли.

Значения резонансных частот определяются параметрами СГ, электрической сетью, режимом работы.

Поскольку при тестовом сигнале  $dU_{\text{уст}}$  (изменение уставки АРВ по напряжению) возникают колебания режимных параметров, доминирующая частота которых практически совпадает с основной резонансной частотой откликов на другие возмущающие воздействия, он используется при проверке различных настроек АРВ.

Большое разнообразие алгоритмов АРВ также усложняет проверку их функционирования и определения оптимальных по заданным требованиям значений параметров основного канала автоматического регулирования напряжения (АРН) и параметров каналов системной стабилизации. Для решения данных задач разработаны применимые в системах реального времени следующие методики:

- экспериментального получения частотных характеристик каналов микропроцессорных устройств АРВ и верификации их математических моделей, а также получения частотных характеристик измерительных преобразователей АРВ и СГ, работающего на разветвленную сеть, и пр.;
- определения областей устойчивости по необходимым наборам коэффициентов каналов регулирования АРВ;
- определения настроек АРВ различного типа, обеспечивающих максимальное демпфирование переходных процессов (ПП) заданного режимного параметра в необходимом диапазоне частот, в том числе и для одной заданной частоты НЧК;
- количественной оценки влияния структуры и параметров АРВ на параметры ПП в ЭЭС и наглядного их представления.

В АРВ сильного действия СГ российского производства в качестве входных параметров каналов стабилизации применяются первые производные (скорость изменения) напряжения статора СГ и тока ротора (каналы внутренней стабилизации), отклонение частоты напряжения статора СГ и её первая производная (каналы внешней стабилизации) [2].

В АРВ синхронного генератора с системным стабилизатором зарубежного производства в качестве входных параметров стабилизатора обычно применяются частота напряжения СГ или скорость вращения вала и электрическая мощность генератора. При любых принципах функционирования настройка регулятора должна обеспечивать минимизацию колебаний частоты напряжения на шинах генератора (либо частоты вращения ротора, либо колебаний частоты напряжения на шинах электростанции) при расчётных возмущениях и характерных режимах в нормальной, ремонтной и послеаварийных схемах.

Другими словами, необходимо рассчитывать параметры каналов АРВ, обеспечивающие наилучшее качество

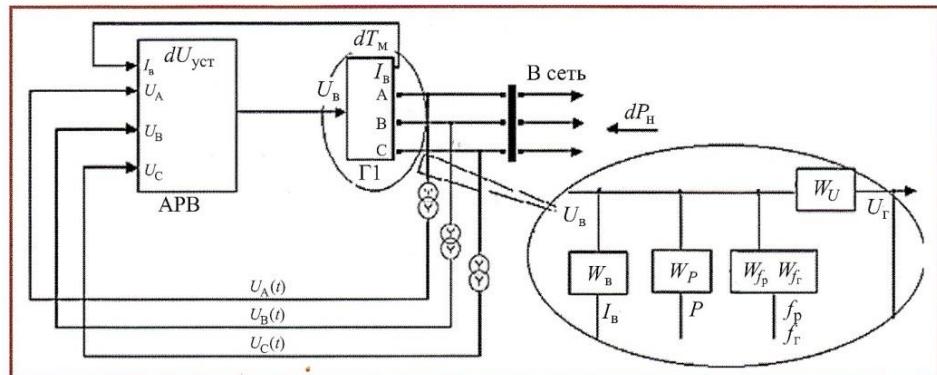


Рис. 1. Структурная схема АСР для анализа функционирования АРВ

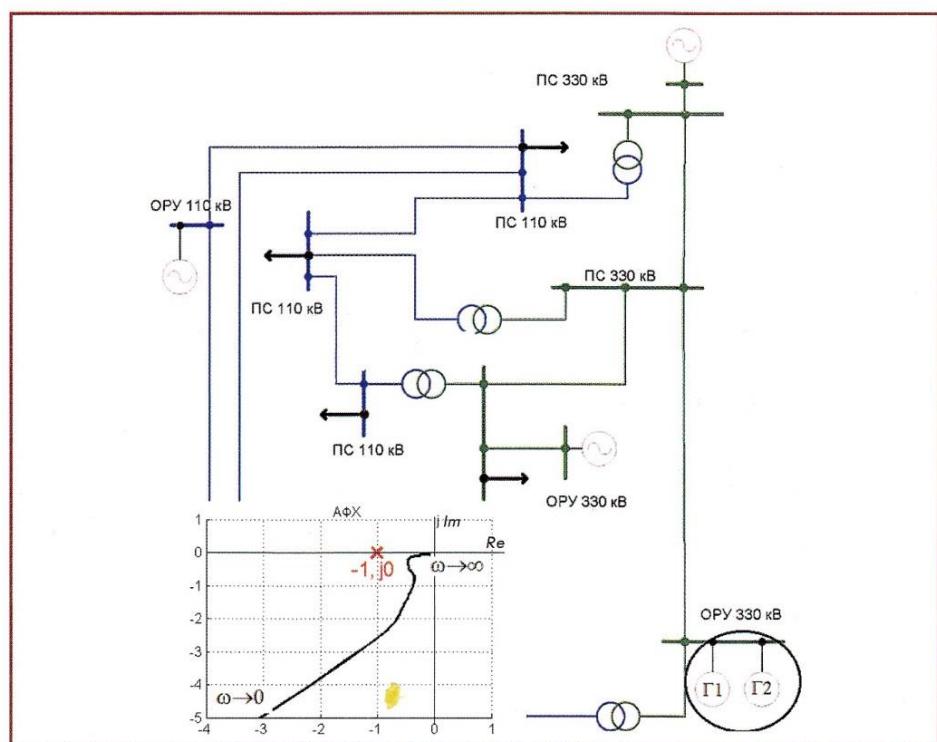


Рис. 2. Эквивалентная схема электросети для анализа функционирования различных типов АРВ

ПП на шинах генератора (станции), т. е. минимум его длительности, минимум перерегулирования и максимум коэффициента демпфирования [3, 4]. Принципы функционирования системных стабилизаторов определяют разную степень демпфирования при тестовых, нормативных и аварийных возмущениях.

Анализ функционирования и настройка АРВ проводится в несколько этапов.

1. Экспериментальное определение частотных характеристик элементов автоматической системы регулирования (АСР), знание которых необходимо для настройки АРВ:

- верификация (формирование и подтверждение правильности) математических моделей микропроцессорных устройств АРВ при различных технических возможностях регулятора, их аппроксимация (определение по частотным характеристикам передаточных функций каналов) и проверка правиль-

ности полученной математической модели [5];

• определение частотных характеристик СГ, необходимых для расчёта входных сигналов каналов стабилизации и основного канала АРН (рис. 1). Введены передаточные функции, преобразующие напряжение возбуждения  $U_b$  в напряжение генератора  $U_r (W_U)$ , частоту напряжения генератора  $f_r (W_f_r)$ , частоту вращения ротора  $f_p (W_f_p)$ , ток возбуждения  $I_b (W_I_b)$  и генерируемую активную мощность  $P (W_P)$ . Синхронный генератор работает на разветвленную сеть, представленную на рис. 2.

2. Выбор критерия оценки качества ПП. Теория автоматического регулирования предоставляет различные критерии: корневой, интегральный, частотный. Результаты настройки АРВ, полученные по различным критериям, сопоставимы и взаимозаменямы.

3. Настройка канала АРН: определение области устойчивости по коэф-

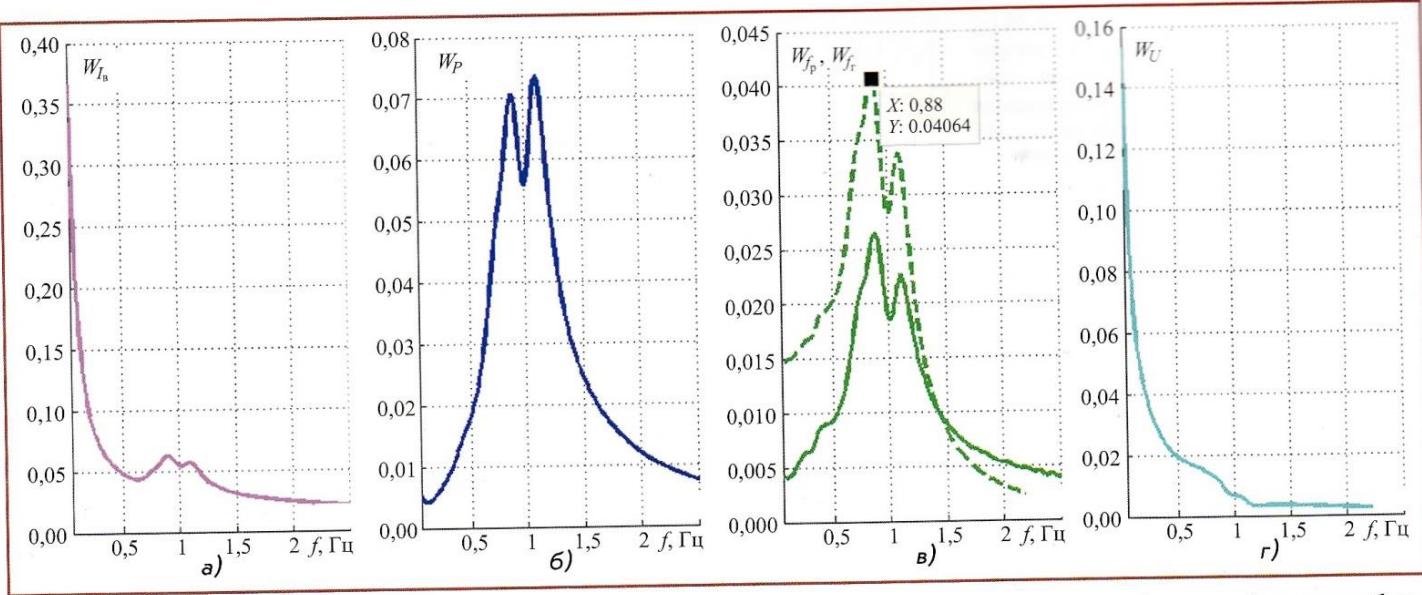


Рис. 3. Экспериментальные АЧХ преобразования напряжения ротора в необходимые режимные параметры — передаточные функции преобразования напряжения возбуждения  $U_b$  в ток  $I_b(W_{I_b})$  [а], генерируемую мощность  $P(W_P)$  [б], частоту  $f_p(W_{f_p})$  и  $f_e(W_{f_e})$  [в], напряжение  $U_U(W_U)$  [г]

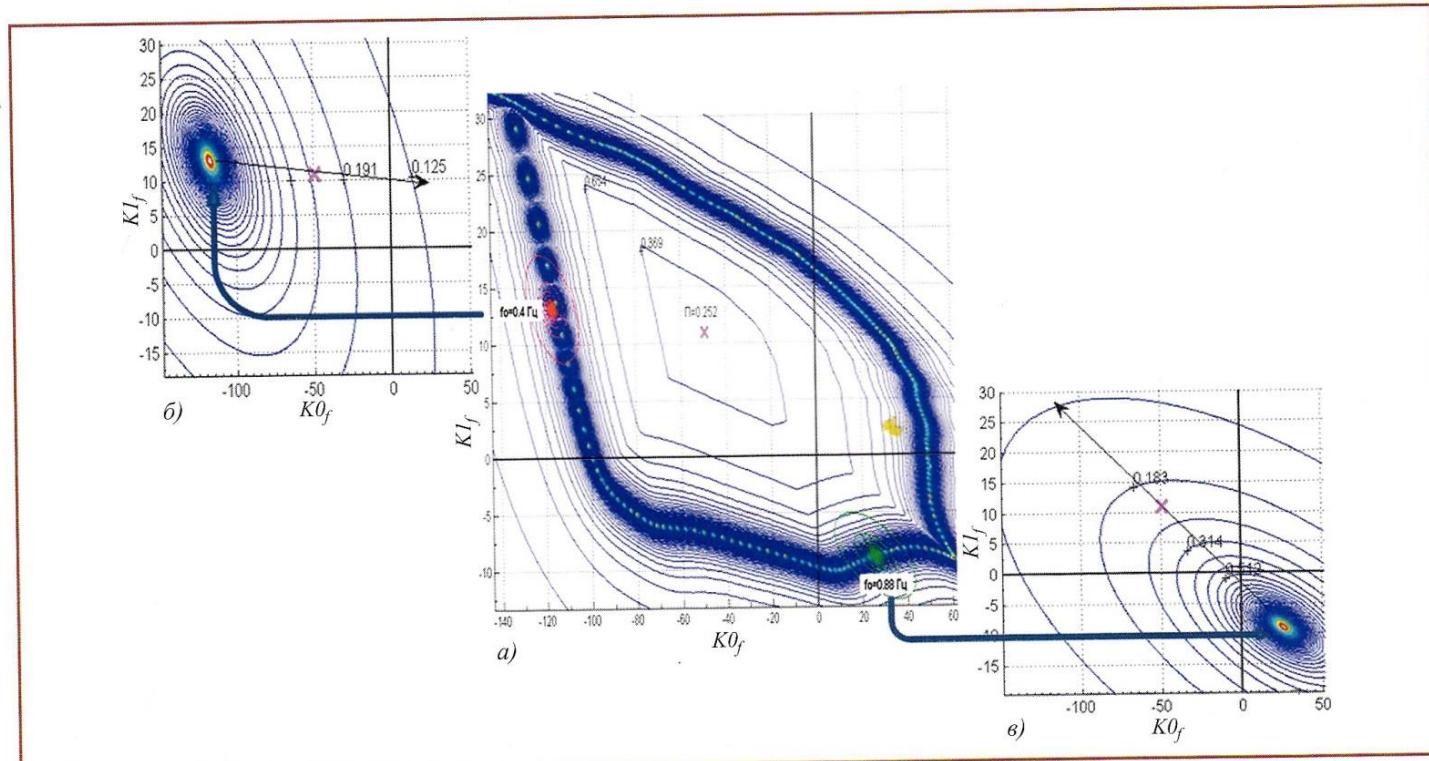


Рис. 4. Иллюстрации анализа качества демодирования НЧК:

а — область устойчивости в плоскости коэффициентов усиления каналов  $K0_f$  и  $K1_f$ ; б, в — демодирование межзонального колебания  $f_0 = 0,4$  Гц и локального  $f_0 = 0,88$  Гц соответственно

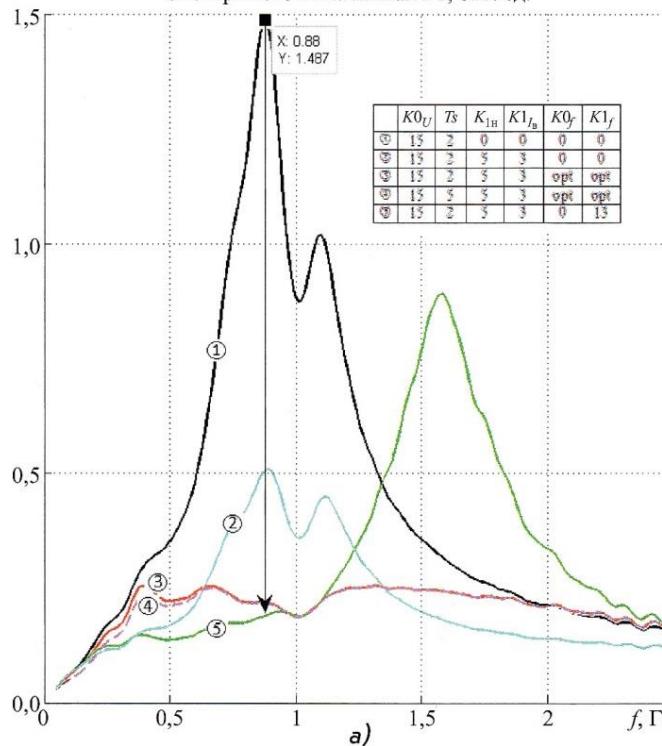
фициентам пропорционального  $K0_U$  и интегрирующего  $T_i$  звена (для регулятора АРН типа AVR ЗМТ [6]) или их аналогам  $K_n$  и  $K_i$  (для АРН типа ST4B, причём  $K_i = 1/T_i$ ) [7], а также выбор значений коэффициентов для дальнейшего использования. Оба АРН — пропорционально-интегральные регуляторы (ПИ-регуляторы), которые представляются разными структурными схемами, но описываются единой схемой после преобразования. В статье используются параметры АРН, обеспечивающие одинаковые характеристики ПП для разных АРН.

4. Настройка каналов стабилизации производится для линеаризованной АСР в условиях малых возмущений. Каналы внутренней и внешней стабилизации АРВ российского производства настраиваются раздельно. Исследование зависимости качества процесса регулирования от коэффициентов усиления каналов производной напряжения  $K1_U$  и тока возбуждения  $K1_b$  показывает, что влияние этих коэффициентов на отдельных частотах противоположно для характеристик частоты генератора и напряжения статора. Поэтому для иллюстрации принципов настройки АРВ используются

типовые (данные производителями [6]) значения этих коэффициентов. Основное внимание уделяется определению области устойчивости по коэффициентам усиления каналов отклонения частоты напряжения  $K0_f$  и производной частоты напряжения  $K1_f$ , а также выбору значений этих коэффициентов.

5. В устройстве АРВ зарубежного производства используется системный двухходовой стабилизатор PSS, в котором присутствует комбинация мощности и скорости ротора для формирования сигнала стабилизации. Он основан на модели PSS2B соответствующей

Спектр частоты на шинах Г1, отн. ед.



Спектр напряжения на шинах Г1, отн. ед.

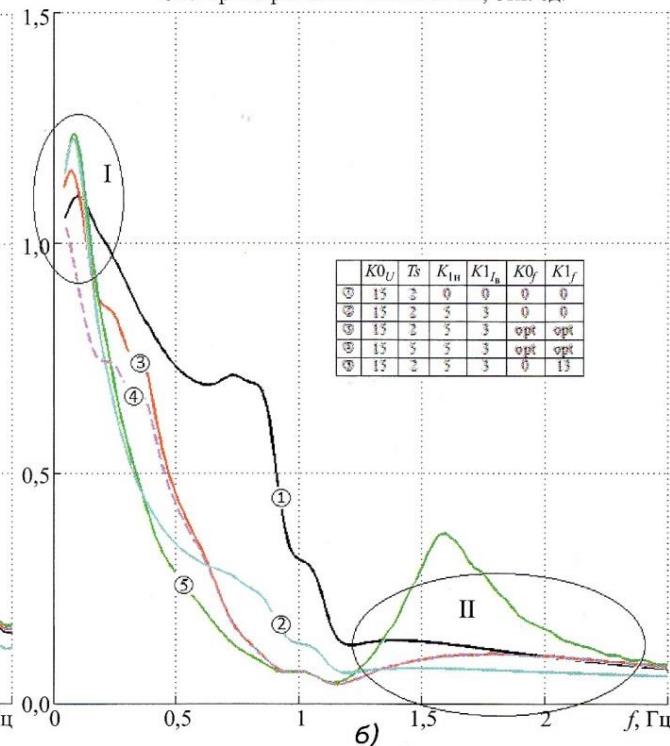


Рис. 5. Спектр колебаний частоты (а) и напряжения (б) на шинах генератора в зависимости от коэффициентов АРН и каналов внутренней и внешней стабилизации

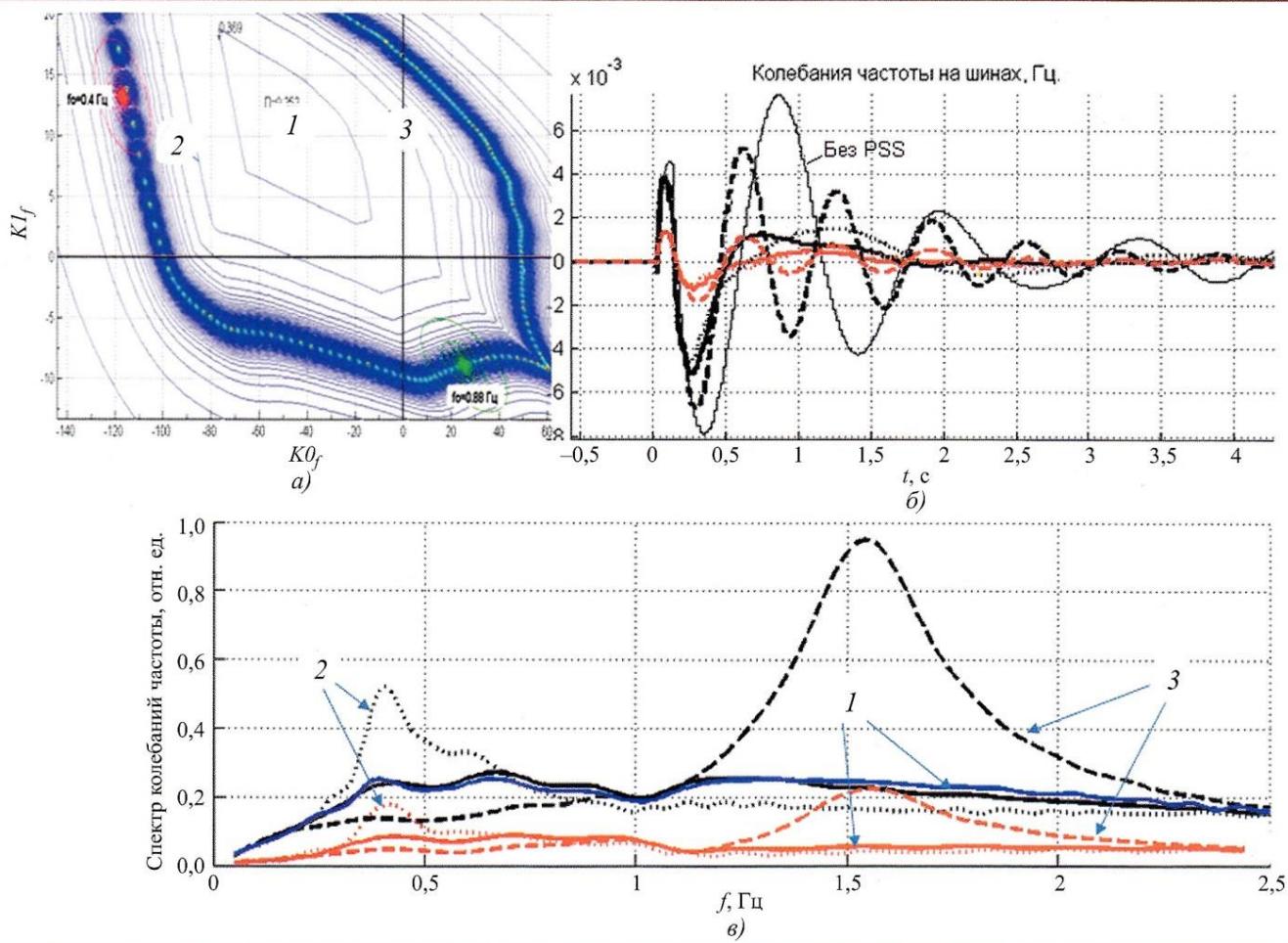


Рис. 6. Изменение качества демпфирования локальных и межзональных НЧК (экспериментальные характеристики):

а — область устойчивости в плоскости коэффициентов усиления каналов  $K0_f$  и  $K1_f$  (цифрами обозначены наборы коэффициентов, используемых для иллюстрации); б — колебания частоты на шинах станции (генератора) при значениях коэффициентов I – 3 (см. рис. 6, а) и использовании тестового сигнала  $dU_{yct}$ ; в — спектр наблюдаемых колебаний; красные и чёрные кривые — колебания частоты на шинах станции и генератора соответственно; синяя кривая — теоретический спектр колебания частоты на шинах генератора

стандарту IEEE 421.5™ [7]. Постоянны времена звеньев фазовой компенсации наиболее влияют на качество демпфирования каналами стабилизации. Выбор этих постоянных времени  $T_1, T_2, T_3, T_4$  (в примере выбрано  $T_3 = T_1, T_4 = T_2$ ) представляет собой настройку данного АРВ. Коэффициент  $K_{s1}$  определяет вклад каналов стабилизации в сигнал управления.

Настройка АРВ двух типов для подавления НЧК в энергосистеме иллюстрируется на примере схемы, представленной на рис. 2. Для генератора Г1, нагруженного на данную сеть, экспериментально получены необходимые частотные характеристики по методике [5], амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) представлены на рис. 3. Во всех АЧХ режимных параметров наблюдаются две резонансные частоты. Экспериментальные частотные характеристики существенно зависят от схемно-режимных ситуаций.

Для разомкнутой АСР (см. рис. 1) при выключенных каналах стабилизации построена амплитудно-фазовая характеристика — АФХ (см. рис. 2). В соответствии с критерием Найквиста замкнутая АСР является устойчивой и может работать без каналов стабилизации. Необходимо определить настройки каналов стабилизации АРВ, дающих наилучшее качество ПП. При объединении в единую функцию всех характеристик ПП формируется его числовая характеристика качества, обозначаемая далее буквой  $\Pi$ . Точка в плоскости параметров каналов АРВ, соответствующая минимальному значению  $\Pi$ , определяет параметры оптимальной настройки.

На рис. 4 показана область устойчивости в плоскости коэффициентов усиления каналов отклонения частоты напряжения  $K_0$ , и производной частоты напряжения  $K_1$ . Тонкие линии отмечают одинаковые значения характеристики качества  $\Pi$  (линии равных значений  $\Pi$ ). Значения  $\Pi$  определяются цифрой на линии. Чем меньше цифра, тем лучше демпфирование колебаний ПП. Маркером  $X$  отмечен набор оптимальных параметров, обеспечивающий минимум значения  $\Pi$  (в данном случае  $\Pi = 0,252$ , наименьшее значение при всех типовых остальных коэффициентах  $K_{0U} = 15, T_u = 2 \text{ с}, K_{1U} = 5$  и  $K_{1s} = 3$ ). Использование линий одинакового качества демпфирования позволяет оценить действие АРВ при любых значениях коэффициентов АРН и каналов стабилизации.

На границе области устойчивости отмечены две точки, отображающие поведение колебаний с обозначенными частотами. Частота  $f_0 = 0,8 \text{ Гц}$  (см. АЧХ, рис. 3) соответствует локальным НЧК, возникающим в режимных параметрах генератора Г1 при внешних и внутренних возмущениях. На частоте  $f_0 = 0,4 \text{ Гц}$  могут наблюдаться в данном районе межзональные НЧК.

При установке коэффициентов внешней стабилизации, соответствующих расположению точек на границе области устойчивости, в режимных параметрах возникают незатухающие колебания на указанных частотах. Показано направление выбора параметров каналов стабилизации для минимизации колебаний на заданных частотах. Видно, что эти направления для рассматриваемых частот практически противоположны.

Для отдельных частот можно получить качество демпфирования лучше оптимального, при этом значение обобщённого параметра демпфирования на рассматриваемых частотах будет меньше значения, соответствующего оптимальному набору коэффициентов АРВ. Действие разных коэффициентов канала АРН и каналов внутренней и внешней стабилизации нагляднее показать при рассмотрении спектров колебаний частоты и напряжения на шинах генератора Г1 (рис. 5).

Кривые 1 (см. рис. 5) описывают спектр колебаний частоты и напряжения на шинах генератора Г1 при отключённых каналах стабилизации. В спектре ярко выражены колебания двух частот. В колебаниях напряжения эти частоты проявляются слабее. Включение каналов внутренней стабилизации уменьшает мощность и длительность этих колебаний (кривые 2). Существенно уменьшает мощность всех колебаний в частоте и напряжении включение оптимальных значений коэффициентов каналов внешней стабилизации (кривые 3).

Кривые 5 относятся к ситуации использования коэффициентов каналов внешней стабилизации, уменьшающих мощность колебаний заданной частоты (в данном случае  $f_0 = 0,88 \text{ Гц}$ ) в большей степени, чем при оптимальных параметрах, но при этом увеличивающих мощность колебаний другой частоты, например,  $f_0 \approx 1,6 \text{ Гц}$ , в обоих режимных параметрах.

Спектральные составляющие в области I (рис. 5, б) свидетельствуют, что включение канала производной напряжения  $K_{1U} > 0$  увеличивает мощность колебаний напряжения на частоте, близкой к  $0,4 \text{ Гц}$ . Увеличение постоянной времени интегрирования  $T_u$  (т. е. уменьшения веса интегрирующего звена в ПИ-регуляторе) подавляет частоту  $0,4 \text{ Гц}$ , что отражается в кривых 4. В области более высоких частот включение каналов внутренней и внешней стабилизации не приводит к увеличению мощности колебаний частоты и напряжения (см. рис. 5, б, область II) за исключением ситуации подавления выделенной частоты ( $0,4 \text{ Гц}$ ) в степени, больше оптимальной (кривая 5).

Проведена экспериментальная проверка качества демпфирования при разных наборах коэффициентов каналов стабилизации, используется тестовый сигнал  $dU_{yst}$ , результаты пред-

ставлены на рис. 6. Теоретические спектры колебаний практически совпадают с экспериментальными. При этом 1 — оптимальная настройка АРВ для нормального режима (сплошные линии кривых на графиках рис. 6, б, в); 2 — улучшенное демпфирование частоты  $0,88 \text{ Гц}$ , подчёркивается более низкая частота (точечные линии кривых на графиках рис. 6, б, в); 3 — улучшенное демпфирование частоты  $0,4 \text{ Гц}$ , подчёркивается более высокая частота (пунктирные линии кривых).

Когда подбирается настройка АРВ для нескольких схемно-режимных условий, линии одинакового качества демпфирования позволяют оценить ухудшение демпфирования в каждом случае при определении параметров в общей области устойчивости. Выбор коэффициентов внешней стабилизации для улучшения демпфирования на одной частоте может привести к ухудшению демпфирования на другой частоте. Эта ситуация опасна, так как при использовании общих настроек при разных схемно-режимных условиях приходится отступать от оптимальных параметров каналов стабилизации, выбранных для текущего режима. Следовательно целесообразно применять оптимальные значения коэффициентов внешней стабилизации для всех частот.

В АРВ зарубежного производства в качестве основного канала регулирования используется АРН типа ST4B, аналогичный российскому, который настроен для получения одинакового с рассмотренным регулятором AVR ЗМТ качества демпфирования. Системный стабилизатор, основанный на модели PSS2B, соответствующей IEEE 421.5™ [7], имеет два канала. В качестве входных параметров в нём используются оценки скорости вращения вала и электрической мощности генератора.

Постоянны времена звеньев фазовой компенсации наиболее сильно влияют на качество демпфирования каналами стабилизации. Выбор этих постоянных времени  $T_1, T_2, T_3, T_4$  представляет собой оптимальную настройку данного АРВ. На рис. 7 показана область устойчивости в плоскости  $(T_1, T_2)$  при типовом значении коэффициента усиления стабилизатора  $K_{s1} = 20$ , который определяет вклад каналов стабилизации в сигнал управления. Цветовая гамма показывает переход от самых больших значений к самым малым (чёрный — коричневый — красный — жёлтый — зелёный — синий).

Цифровые данные свидетельствуют, что наилучшее качество демпфирования будет обеспечиваться при установке постоянных времени, соответствующих точке, отмеченной мар-

<sup>1</sup> Instruction manual for digital excitation control system decs-400. [http://powersystemsrentals.com/images/Basler\\_DECS-400\\_Instruction\\_Manual.pdf](http://powersystemsrentals.com/images/Basler_DECS-400_Instruction_Manual.pdf)

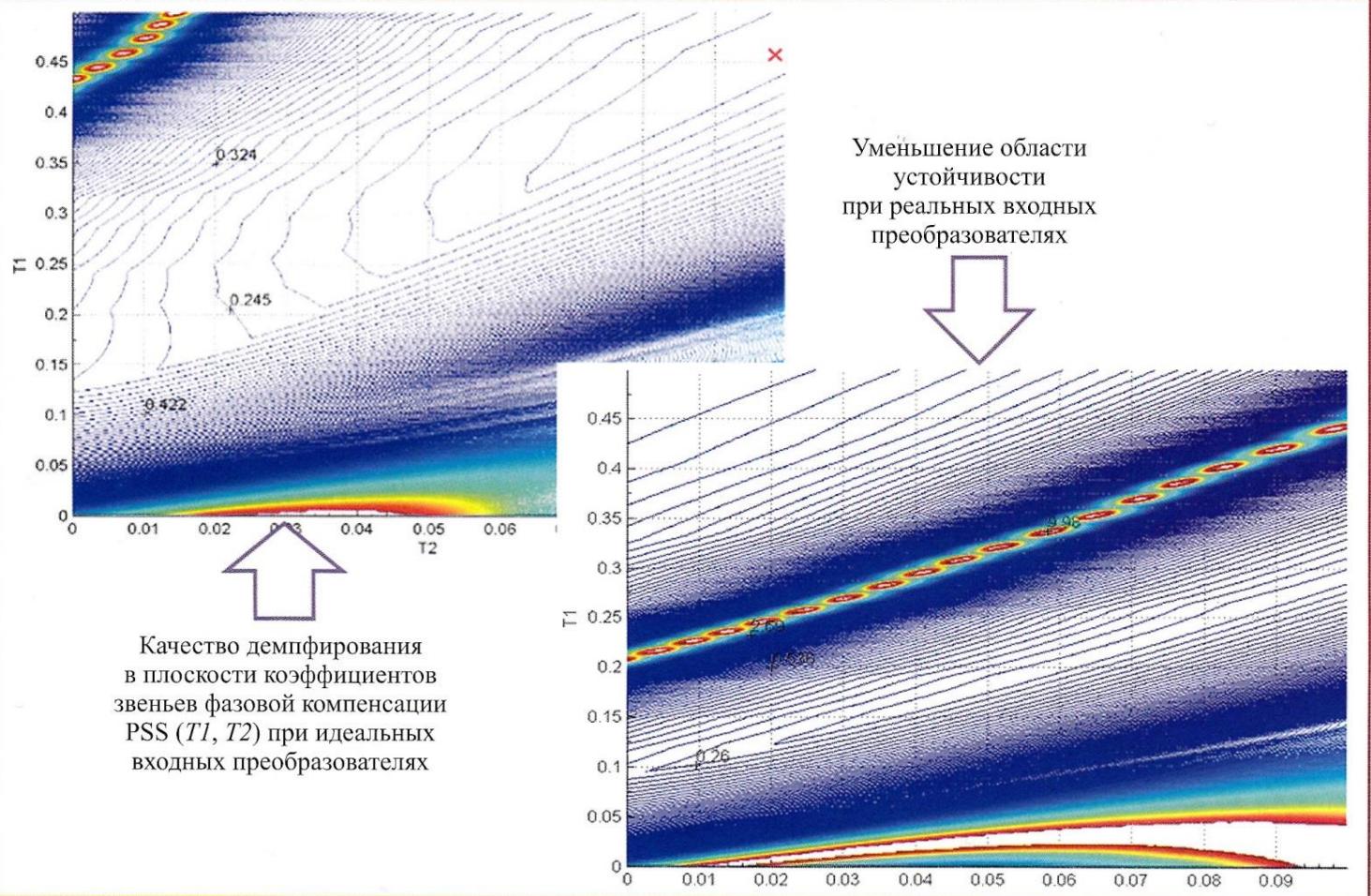


Рис. 7. Область устойчивости в плоскости постоянных времени схемы фазовой компенсации при  $T_1 = T_3$ ,  $T_2 = T_4$  и выбор их значений

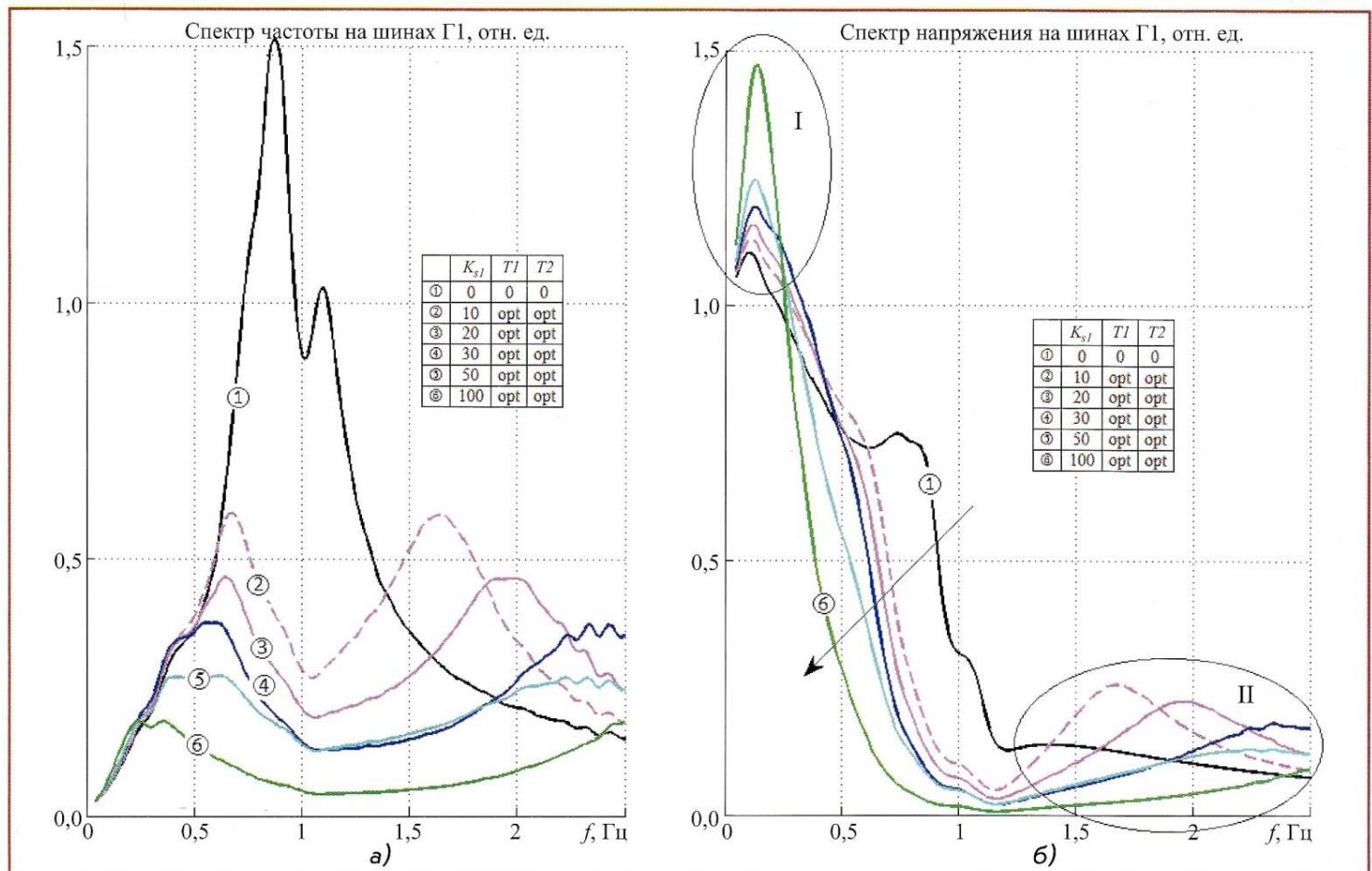


Рис. 8. Спектры колебаний на шинах  $\Gamma_1$  режимных параметров [частоты (а), напряжения (б)] в зависимости от коэффициентов АРН, коэффициентов усиления каналов стабилизации  $K_{sl}$  и оптимальных для них наборов значений  $T_1, T_2$

кером X. В случае любых других комбинаций значений качество демпфирования будет только ухудшаться. Для получения входных сигналов каналов стабилизации используются сигналы на шинах генератора. Это вносит существенную погрешность в формирование входных сигналов и сужает область устойчивости.

Действие разных коэффициентов канала АРН и каналов стабилизации представлено при рассмотрении спектров колебаний частоты и напряжения на шинах генератора Г1 (рис. 8). Кривые 1 описывают указанный спектр при отключённых каналах стабилизации. Эти кривые совпадают с аналогичными кривыми на рис. 6, что подтверждает идентичность настройки АРН. В спектре частоты обращают на себя внимание колебания двух частот. В колебаниях напряжения эти частоты проявляются меньше.

Рассмотрим влияние каналов стабилизации на спектральный состав ПП при различных коэффициентах усиления  $K_{s1}$  и оптимальных для них значений  $T1$  и  $T2$ . Типовому коэффициенту  $K_{s1} = 20$  соответствуют кривые 3. При всех коэффициентах  $K_{s1}$  во время ПП в колебаниях частоты на шинах Г1 наблюдается присутствие двух частот. Увеличение коэффициента  $K_{s1}$  и, соответственно, воздействия каналов стабилизации приводят к уменьшению мощности колебательных составляющих, т. е. к улучшению их демпфирования.

Однако при этом существенно увеличивается мощность колебательных составляющих напряжения в области I (рис. 8, б), в меньшей степени аналогичное явление наблюдается при увеличении коэффициента канала производной напряжения  $K1_U$  регулятора AVR ЗМТ. Следует отметить особенность данного алгоритма стабилизации — увеличение мощности колебательных составляющих в области II по сравнению с ситуацией выведенных каналов стабилизации. Такое явление отсутствует в АРН типа AVR ЗМТ.

## Выходы

1. Представлено исследование влияния настройки АРВ российского и зарубежного производства для подавления заданных НЧК с учётом схемно-режимных ситуаций. Показано, что подавление отдельных НЧК может приводить к усилению НЧК на других частотах.

2. Рассмотренные алгоритмы стабилизации обеспечивают различное демпфирование НЧК в разных режимных параметрах и схемно-режимных ситуациях.

3. Выбор совместной настройки в необходимых схемно-режимных ситуациях может привести к усилению отдельных НЧК.

4. Наилучшее подавление НЧК в широком диапазоне частот происходит

при оптимальной для данной схемно-режимной ситуации настройке АРВ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Климова Т. Г., Савватин М. В. Анализ влияния периодически меняющейся нагрузки на возникновение низкочастотных колебаний // Сборник докладов V Междунар. науч.-техн. конф. «Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем». — Сочи, 2015.
2. СТО 59012820.29.160.20.001—2012. Требования к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов. — М.: ОАО «СО ЕЭС», 2012.
3. Веников В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических
4. Литкенс И. В., Пуго В. И. Колебательные свойства электрических систем. — М.: Энергоатомиздат, 1988.
5. Использование программно-аппаратного комплекса RTDS для анализа функционирования автоматических регуляторов возбуждения: получение и верификация моделей микропроцессорных АРВ / Я. Л. Арцишевский, Т. Г. Климова, А. В. Жуков и др. // Энергетик. 2014. № 1.
6. Логинов А. Г., Фадеев А. В. Микропроцессорный автоматический регулятор типа АРВ-М для систем возбуждения АО «Электросила» // Электротехника. 2001. № 9.
7. IEEE Std 421.5™-2005. IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies.

## Оптимизация использования каналов передачи данных векторных измерений между объектами электроэнергетики и диспетчерскими центрами

ИВАНОВ Ю. В., ЧЕРЕПОВ А. С., ООО «Прософт-Системы»

620102, г. Екатеринбург, Волгоградская ул., д. 194а; ivanov@prosoftsystems.ru

ДУБИНИН Д. М., ОАО «СО ЕЭС»

КИСЛОВСКИЙ А. А., ОАО «Альтеропауэр»



Ю. В. Иванов



А. С. Черепов



Д. М. Дубинин



А. А. Кисловский

Система мониторинга переходных режимов (СМПР) предназначена для передачи данных в реальном времени и с высокой плотностью в диспетчерские центры ОАО «СО ЕЭС». Качество предоставляемых данных зависит от многих параметров и технических характеристик системы, в том числе от надёжности и пропускной способности каналов передачи. Своевременность доставки данных синхронизированных векторных измерений напрямую влияет на повышение качества оперативно-диспетчерского управления.

Однако практика показала, что именно эти каналы чаще всего становятся узким местом при построении СМПР с требуемыми характеристиками. Зачастую, именно их технические характеристики не позволяют достичь требуемых показателей системы и вынуждают занижать целевые параметры всей СМПР в целом. Благодаря целому ряду предпринимаемых мер, таких как расширение функционала концентратора векторных данных, избавление от избыточных данных в трафике на этапе проектирования и пр., пока удаётся снимать остроту вопроса в той или иной степени, но своей актуальности в целом он не теряет, особенно в аспекте развития СМПР.

В статье приведён всесторонний анализ всех вопросов, связанных с требованиями к каналам передачи данных, которые возникают как в текущих задачах, так и перспективных по развитию СМПР. На основе этого анализа и с учётом накопленного опыта эксплуатации существующих каналов передачи данных предлагаются возможные пути решения рассматриваемой проблемы.

**Ключевые слова:** система мониторинга переходных режимов, концентратор векторных данных, стандарт IEEE C37.118.