

«Сейфуллин окулары-14: Жастар, ғылым, инновациялар: цифрландыру – жаңа даму кезеңі» атты Республикалық ғылыми-теориялық = **Материалы** Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения-14: Молодежь, наука, инновации: цифровизация – новый этап развития». - 2018. - Т.1, Ч.3 – С. 197-202

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИНА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*Куанышбаев А.Б.*

Актуальность темы статьи обусловлена значительным уровнем технико-экономических и экологических ущербов на промышленных предприятиях из-за провалов напряжения. Существует много способов повышения устойчивости работы технологических установок. Возникает актуальный вопрос – как выбрать необходимую и достаточную комбинацию мероприятий по изменению структуры и параметров релейной защиты и автоматики, которая обеспечит устойчивость технологических установок и минимизирует затраты.

Основной причиной нарушения устойчивости технологических установок (ТУ) являются провалы напряжения при действиях релейной защиты и автоматики (РЗА) после КЗ во внутренней и внешней частях системы электроснабжения (СЭС), поэтому на многих предприятиях разворачиваются работы по техперевооружению (ТПР). Обоснованные рекомендации должны повысить технико-экономическую эффективность принимаемых решений.

Для обеспечения устойчивости ТУ требуется подобрать необходимый и достаточный вариант состава мероприятий по изменению структуры и параметров РЗА.

Система РЗА СЭС должна удовлетворять дополнительным условиям, обусловленным свойствами электроприемников, и эти дополнительные требования заключаются в обеспечении совместимости характеристик СЭС и ее РЗА с характеристиками ТУ и ее электропривода.

Методика реализации дополнительных требований к РЗА заключается в выборе необходимого и достаточного варианта состава мероприятий по ТПР РЗА, который обеспечивает смещение параметров потока провалов напряжения в зону устойчивости технологических установок, при этом вариант состава мероприятий ТПР выбирается на основании сравнения технико-экономических показателей[1].

Дополнительным отраслевым критерием эффективности РЗА промышленных предприятий кроме общих требований ПУЭ к ней, является требование обеспечения совместимости характеристик СЭС и ее РЗА с характеристиками ТУ, обеспечивающих устойчивость технологических процессов при потоке провалов напряжения [3].

Как известно, набор мероприятий по повышению устойчивости работы ТУ достаточно велик. Возникает актуальный вопрос – как выбрать

необходимую и достаточную комбинацию мероприятий, которая обеспечивает устойчивость ТУ и минимизирует затраты?

Критерием необходимости и достаточности является совместимость свойств и характеристик СЭС и ТУ. Совместимость в соответствии с (2) может проверяться по многим показателям качества электрической энергии, однако применительно к устойчивости ТУ определяющую роль играют провалы питающего напряжения. Поэтому проверять совместимость характеристик ТУ и СЭС следует в пространстве параметров потока провалов питающего напряжения.

Существует методика определения количественных значений характеристик ТУ и ее электропривода в форме границ зон устойчивости ТУ при различных временных уставках РЗА[4].

Оценка электромагнитной совместимости предусматривает учет целого ряда вариантов (критериев) реакции рассматриваемого объекта на электромагнитное воздействие. В (2) установлено четыре критерия реакции (табл. 1).

	Формулировка	
	Общая	Конкретная для технологической установки
Критерий А	Нет потери функции.	Все оборудование технологической установки сохранило рабочий режим.
Критерий В	Возникла частичная ограниченная во времени потеря функции, на произошло самовосстановление всех функции без участия человека. Эффект «ослепления».	После провала напряжения питания переходный режим самозапуска успешен, успешная ресинхронизация синхронных двигателей. Конфигурация и режим технологической установки восстановился без участия операторов.
Критерий С	Возникла устойчивая потеря всех или части функции. Для восстановления всех функции потребовались действие оператора через штатные органы управления.	Возникли нарушения технологии и потери. Технологическая установка исправна. Для восстановления требуемого режима работы потребовались действия операторов через штатные органы управления.

Критерий D	Возникло повреждение (разрушение) оборудования. Для восстановления всех функции требуется ремонт или замена оборудования.	Возникло нарушение технологии и потери., технологическая установка потеряла работоспособность. Для восстановления требуется ремонт или замена оборудования технологической установки.
------------	---	---

Таблица 1. Критерий реакции

Определяющую роль в обеспечении достоверности используемых количественных характеристик при контроле устойчивости работы ТУ имеет методика моделирования переходных процессов. На рисунке 1 приведена диаграмма основных функциональных связей. При запуске модели получаются устойчивые и неустойчивые состояния ТУ. В случае неустойчивости ТУ изменяется структура и параметры РЗА, и модель запускается снова. Так продолжается до получения устойчивого состояния ТУ.

При КЗ ( $\Delta T_{K3}=0,5c$ ) напряжение  $U_m$  на выводах двигателя снижается до нуля (рисунок 2), периодическая составляющая тока статора  $I_m$  возрастет до  $6,5 I_{ном}$ , а ударный ток составляет  $12 I_{ном}$ . Под действием АРВ напряжение возбуждения  $U_f$  форсируется до  $2 U_{f,ном}$ . Влияние форсировки наглядно проявляется при отключении поврежденного кабеля. Как видно, напряжение на выводах двигателя возрастет от 0,35 до 0,83 о.е. В интервале времени перерыва питания (1-2 с) нагруженный электродвигатель ( $P_0=0,8$  о.е.) тормозится и так, что круговая частота вращения его ротора  $\omega_m$  снижается до 0,925 о.е. При таком снижении частоты вращения и во восстановлении напряжения нормальной частоты возникает асинхронный ход синхронного двигателя, который сопровождается значительными колебаниями режимных параметров. В частности, напряжение на объединенных секциях шин технологической подстанции изменяется в пределах 0,92-1,00 о.е.

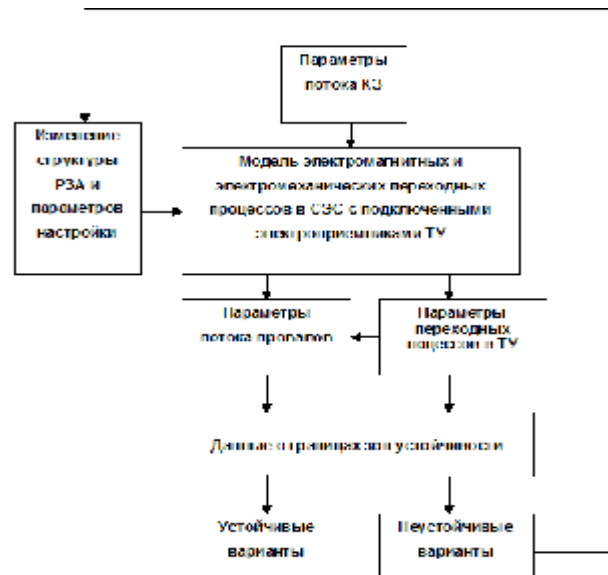


Рисунок 1. Диаграмма основных функциональных связей

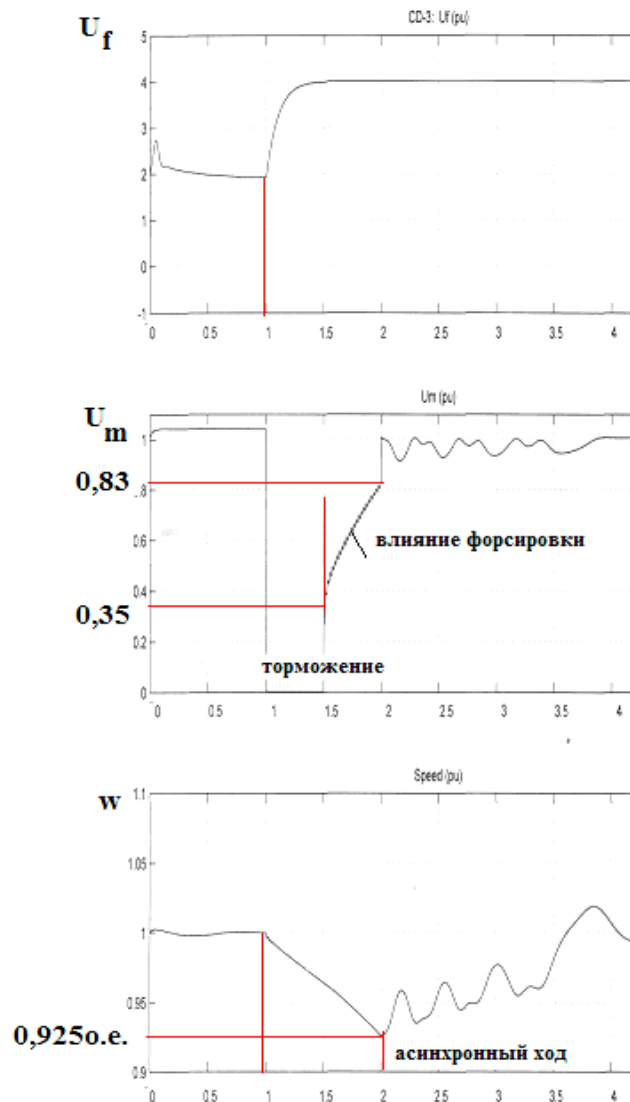


Рисунок 2. Форсировка возбуждения и синхронизация

В интервале времени восстановления питания (2-5 с), при асинхронном ходе двигателя возникают условия его ресинхронизации (самосинхронизации без снятия возбуждения). В данном эксперименте, благодаря форсировке возбуждения и эффективной демпферной системе ротора, электродвигатель втягивается в синхронизм всего за 1,6 с ( в момент времени, когда  $\omega_m \rightarrow 1$ . Если время перерыва электропитания составит более 1 с., то ресинхронизация затянется.

При технико-экономическом обосновании мероприятий ТПР при проверке совместимости характеристик ТУ и прогнозе провалов удастся выявить неблагоприятные сочетания, при которых прогнозируются нарушения устойчивости ТУ.

При выборе и обосновании необходимости и достаточности списка мероприятий ТПР и реконструкции РЗА систем электроснабжения предприятий с ответственной двигательной нагрузкой целесообразно сопоставлять прогнозируемые комбинации параметров провалов питающего напряжения и границы зон устойчивости каждой технологической установки предприятия, определяемые по итогам моделирования и мониторинга.

Для обеспечения смещения характеристик провалов в зону устойчивости необходимо предусмотреть мероприятия по системе внешнего и внутреннего электроснабжения.

Для промышленных предприятий с целью повышения эффективности РЗА необходимо применение микропроцессорные РЗА.

Новые системы и аппараты РЗА должны обеспечивать:

- снижение времени отключения токов короткого замыкания на основе повышение быстродействия устройств РЗ;

- выявление повреждений элементов сети на ранних стадиях их возникновения путем повышения чувствительности устройств РЗА;

- сокращение времени принятия решений диспетчерским персоналом в аварийных ситуациях посредством полноты информации и оперативности ее предоставления;

- доступность для удаленного обращения с рабочего места эксплуатационного персонала через каналы связи;

- повышение надежности функционирования устройств РЗА в результате применения:

- встроенной в устройства непрерывной диагностики;
- цифровых каналов связи, включая волоконно – оптические;
- дублированных каналов связи для передачи аварийных сигналов и команд.

Устройства микропроцессорной защиты должны быть децентрализованными на уровне одного присоединения (линии, трансформатора и др.).

В новых устройствах защиты необходимо предусматривать:

- дублирование комплектов защиты для ответственных объектов;

- современные датчики тока и напряжения, датчики неэлектрических параметров, характеризующие физическое состояние объекта;

– применение в обоснованных случаях автономного питания микропроцессорных устройств РЗА от трансформаторов тока и напряжения.

Необходимо разработать и реализовать мероприятия, обеспечивающие создание электромагнитной обстановки, гарантирующей нормальное функционирование систем РЗА.

В реальных условиях функционирования систем внешнего электроснабжения промышленных предприятий часто фактически не выполняются требования ПУЭ о независимости источников питания. В результате этого имеют место нарушения бесперебойности электроснабжения потребителей с непрерывными технологическими процессами.

**Выводы:**

1. Несмотря на соблюдение всех общетехнических требований к эффективности РЗА (селективности, быстродействия, чувствительности, надежности) на промышленных предприятиях часто возникают нарушения устойчивости технологических установок при потоке провалов напряжения.

2. Решение проблемы устойчивости потребителей к провалам напряжения может быть только комплексным, т. е. требующим проведения противоаварийных мероприятий как в энергосистеме, так и на промышленном предприятии.

3. Снижение глубины и длительности провалов напряжения на предприятии за счет изменения параметров и структуры РЗА позволит обеспечить устойчивость технологических установок.

### **Список литературы**

1. Kokorin, Evgenii L.; Dmitriev, Stepan A. Relay Protection and Automation Equipment Operability Evaluation on the Basis of the Graph Probabilistic Model // PROCEEDINGS OF 2017 XX IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFT COMPUTING AND MEASUREMENTS(SCM), 2017, 20th IEEE, P. 315-318.
2. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
3. Исследование и разработка мероприятий по обеспечиванию устойчивости нагрузки предприятий непрерывного производства на основе повышения эффективности функционирования релейной защиты и автоматики / Я. Л. Арцишевский, Е. А. Задкова // Изв. Вузов. Электромеханика. – Новочеркасск, 2008. - №3. – С. 74-80.
4. Методика реализации требований ПУЭ к РЗА систем электроснабжения электроприемников с особо сложными технологическими процессами / Е. А. Задкова, Я. Л. Арцишевский, Ю. П. Кузнецов, Т. А. Серегина, В. К. Лобанов // Вестник Московского энергетического института. – М., 2008. - №4. – С. 14-17.