

**В.Л. Незевак, С.С. Самолинов, О.А. Сидоров**

*Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, Российская Федерация*

## **РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ АКТИВНОГО ПОСТА СЕКЦИОНИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

**Аннотация.** Система тягового электроснабжения является ключевым звеном в обеспечении перевозочного процесса на отечественном железнодорожном транспорте, эффективность работы которой зависит от типа электрификации и применяемого оборудования, поэтому его выбор при ликвидации лимитирующих участков является важной задачей. В статье рассмотрены варианты решения данного вопроса с использованием активных постов секционирования.

**Ключевые слова:** тяговое электроснабжение, пост секционирования, компенсация реактивной мощности, система накопления энергии.

**V.L. Nezevak, S.S. Samolinov, O.A. Sidorov**

*Omsk State Transport University, Omsk, the Russian Federation*

## **IMPROVEMENT OF THE TRACTION POWER SUPPLY SYSTEM WITH THE USE OF ACTIVE PARTITIONING POSTS**

**Annotation.** The traction power supply system is a key element in ensuring the transportation process in the domestic railway transport, the efficiency of which depends on the type of electrification and the equipment used, so its choice in the elimination of limiting sections is a difficult task, the solution of this issue can be achieved by using active partitioning posts.

**Keywords:** traction power supply, post-partitioning, reactive power compensation, energy storage system.

Электрифицированный железнодорожный транспорт Российской Федерации является одним из крупнейших потребителей электроэнергии на долю которого приходится около 5 % от всей вырабатываемой в стране электроэнергии. В связи с этим применение энергосберегающих технологий и повышение энергоэффективности перевозок является одной из приоритетных задач для холдинга ОАО «РЖД» [1].

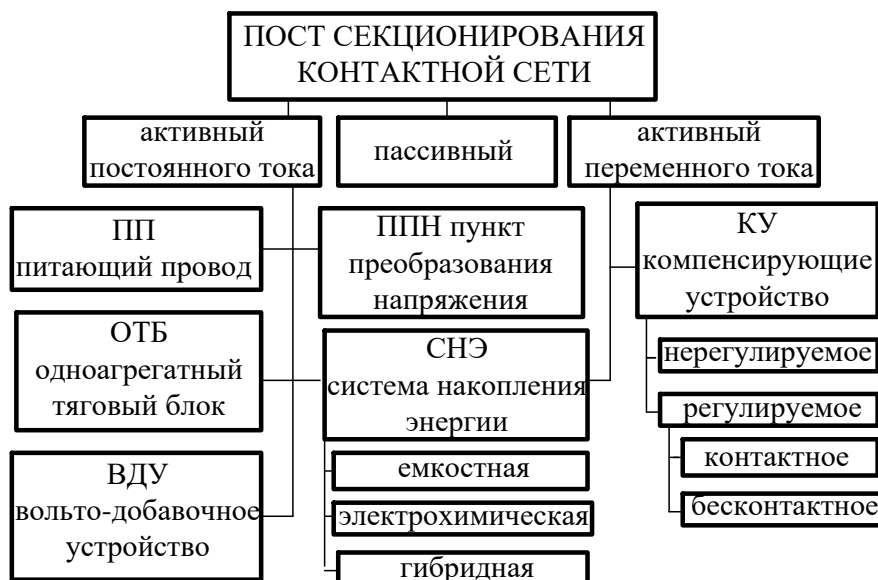
В условиях роста масс составов и размеров движения поездов наблюдается увеличение числа лимитирующих участков по устройствам тягового электроснабжения. Указанное обстоятельство приводит к необходимости реконструкции существующей инфраструктуры, что требует разработки комплекса мероприятий [2].

Одним из факторов, лимитирующих пропускную способность электрифицированных участков является низкий уровень напряжения на токоприемнике электроподвижного состава. Одним из способов повышения уровня напряжения является размещение на межподстанционной зоне поста секционирования контактной сети.

В настоящее время по наличию источника напряжения посты секционирования подразделяют на пассивные и активные. Образование активных постов секционирования из пассивных выполняется путем подключения питающей линии к шинам поста секционирования. В данном случае к активным постам следует относить посты, к шинам

которого подключены не только линии электропередач, но и генераторные установки, системы накопления электроэнергии и др. источники напряжения.

По возможности размещения различного силового оборудования посты секционирования контактной сети (далее – ПСК) подразделяются на несколько групп (классификация приведена на рис. 1).



**Рис. 1. Варианты исполнения постов секционирования контактной сети в зависимости от используемого оборудования и рода тока**

Основным назначением пассивного ПСК является повышение надежности электроснабжения и снижение уровня потерь напряжения в контактной сети за счет перераспределения токов по секциям, что способствует снижению потерь напряжения и стабилизации напряжения в междоустановочной зоне.

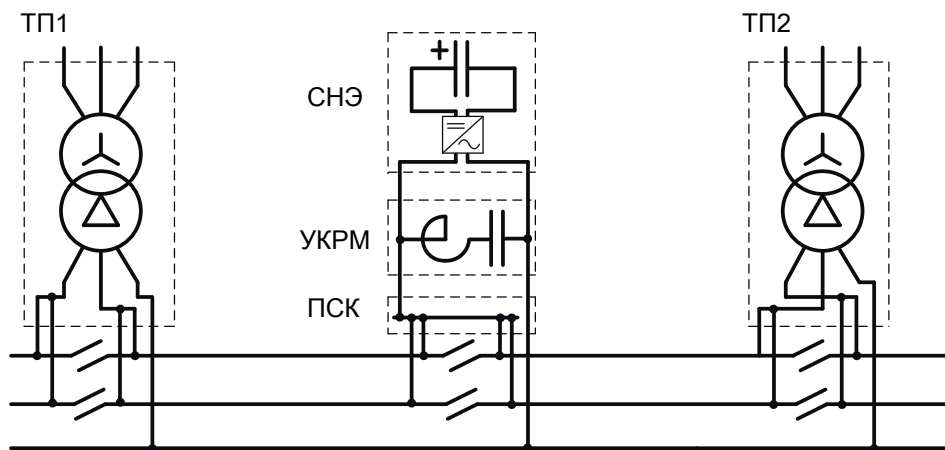
Активные ПСК в системах тягового электроснабжения постоянного тока напряжения 3 кВ позволяют достичь дополнительного эффекта за счет использования дополнительного оборудования: дополнительного питающего провода (ПП); одноагрегатного тягового преобразовательного агрегата (ОТБ); вольтодобавочного блока, состоящего из преобразовательного трансформатора и тиристорного выпрямителя (ВДУ); пункта преобразования напряжения (ППН) и др. Перспективным направлением развития активных ПСК постоянного напряжения является применение систем накопления энергии (СНЭ), построенных по активной топологии [3, 4].

В системах тягового электроснабжения переменного тока с напряжением 25 кВ, одним из распространенных способов ликвидации лимитирующих зон по уровню напряжению на токоприемнике электроподвижного состава является установка ПСК с устройствами компенсации реактивной мощности (далее – УКРМ) [5]. В ряде случаев применения компенсирующих устройств оказывается недостаточно [6], а дальнейшее повышение уровня напряжения достигается путем увеличения сечения контактной подвески, подвески усиливающего провода или коаксиального кабеля, замены силовых понижающих

трансформаторов на более мощные, смену системы тягового электроснабжения на систему 2×25 кВ или 94 кВ.

В свете реализации концепции построения цифровой тяговой подстанции и в перспективе цифровой системы тягового электроснабжения применение комплекса мероприятий по усилению следует рассматривать в аспекте управления на основе разрабатываемых моделей [7]. Отмеченному соответствует альтернативный вариант усиления систем тягового электроснабжения переменного тока, базирующийся на технических решениях по совместному использованию УКРМ и СНЭ на ПСК. Эффект от реализации предлагаемого решения заключается в повышении напряжения на шинах поста секционирования и снижении потерь напряжения и электроэнергии в контактной сети.

На схеме питания и секционирования контактной сети межподстанционной зоны двухпутного участка подключение УКРМ и СНЭ к шинам ПСК осуществляется с возможностью их параллельной работы с целью питания контактной сети и компенсации реактивной мощности в зависимости от режимов работы системы тягового электроснабжения. Схема питания и секционирования межподстанционной зоны с размещенными на ПСК УКРМ и СНЭ представлена на рис. 2.



**Рис. 2. Схема питания и секционирования с активным постом секционирования**

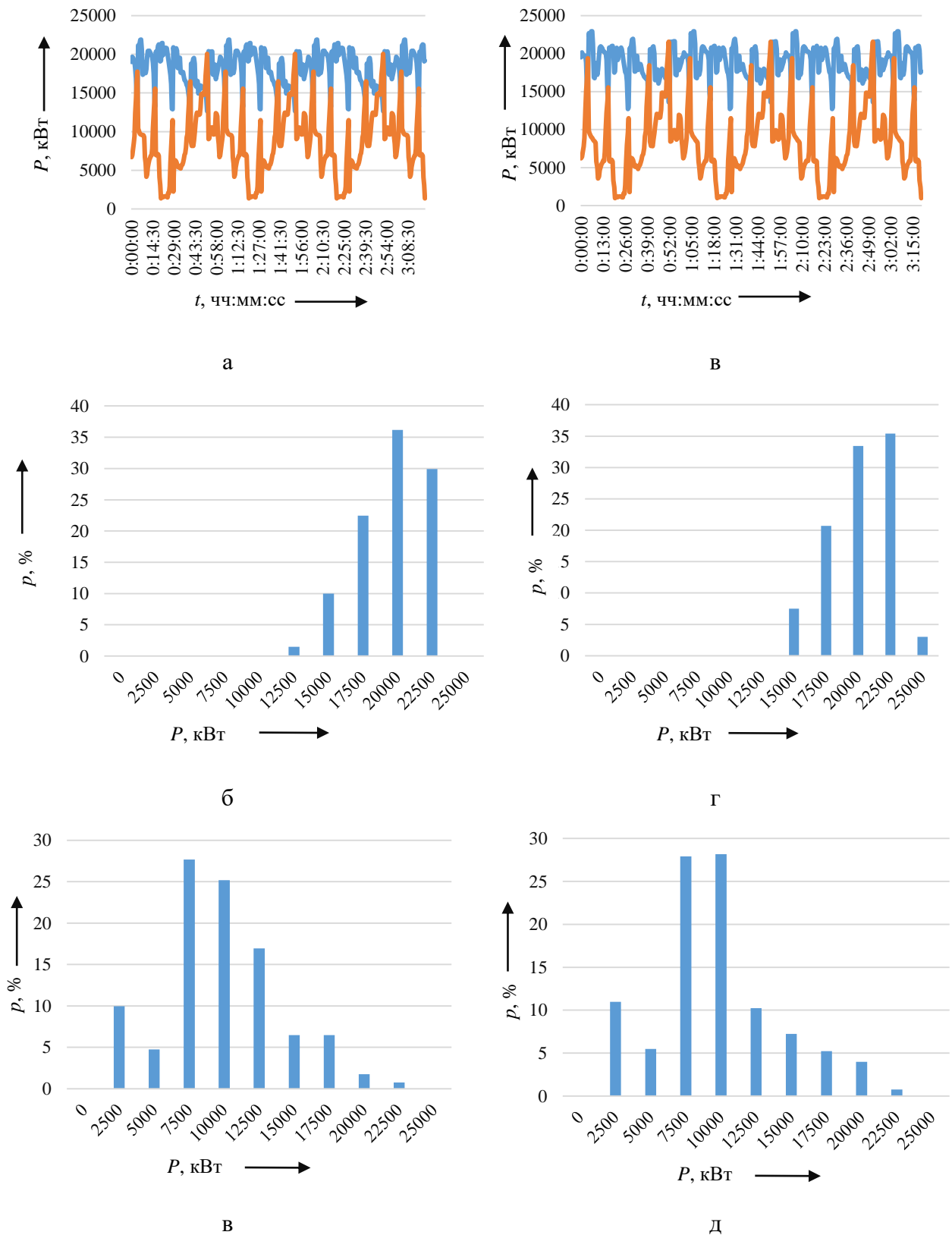
УКРМ поперечной компенсации к шинам 27,5кВ ПСК подключается через реактор с целью исключения опасных резонансных явлений к нулевой точке дроссель-трансформатора рельсовой сети. Параллельно УКРМ включается СНЭ через преобразователь, позволяющий управлять режимами работы СНЭ. В качестве накопительных элементов могут использоваться электрохимические аккумуляторные батареи, суперконденсаторы (ионисторы), кинетические и др. или же гибридные технологии [8, 9].

Имитационное моделирование электротяговой нагрузки на межподстанционной зоне позволяет выделить мощность левых и правых плеч с целью оценки требуемой мощности СНЭ и УКРМ. Для одной из межподстанционных зон графики активной и реактивной мощности приведены на рис. 3.

Полученные графики иллюстрируют следующие основные характеристики, подтвержденные отечественными и зарубежными исследователями [10]:

- неравномерность графиков активной и реактивной мощности;

- неравномерная загрузка участков межподстанционных зон относительно поста секционирования;
- различное распределение потребляемой электроподвижным составом активной и реактивной мощности на участках межподстанционных зон.



**Рис. 3. Графики и распределения активной (а, б, в) и реактивной (г, д, е) мощности левого и правого плеч питания соответственно**

Характеристики электротяговой нагрузки обуславливают применение регулируемых устройств при компенсации реактивной мощности, так и при управлении режимами систем накопления. Регулируемые устройства компенсации реактивной мощности получили широкое распространение на сети железных дорог переменного тока (устройства СТК и СГРМ [5]).

Предлагаемая схема активного ПСК с возможностью компенсации реактивной составляющей нагрузки и накопления энергии позволяет решить следующие задачи:

- обеспечить выравнивание графика нагрузки подстанций, за счет управления режимами работы СНЭ и приема энергии рекуперации поезда;
- повысить качество электроэнергии за счет фильтрации высших гармонических составляющих;
- стабилизировать уровень напряжения в контактной сети;
- компенсировать реактивную составляющую нагрузки;
- повысить энергоэффективность за счет снижения потерь в системе тягового электроснабжения, и, как следствие, экологичность перевозок.

Таким образом, разработка технических решений по ликвидации лимитирующих участков на участках переменного тока в области регулируемых устройств, реализуемых в рамках концепции построения цифровой системы тягового электроснабжения, направлена на повышение пропускной и провозной способности железных дорог. В рамках развития указанной тематики представляется целесообразным разработать методику определения основных параметров регулируемой установки компенсации реактивной мощности, системы накопления энергии, систему преобразования напряжения и алгоритмы управления установкой в системе тягового электроснабжения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гапанович, В. А. Энергетическая стратегия и электрификация российских железных дорог / В. А. Гапанович, С. Н. Епифанцев, В.А. Овсейчук / Под ред. Г. П. Кутового. – М.: Эко-Пресс, 2012. – 196 с.
2. Постановление правительства РФ от 30.09.2018 №2101-р «Об утверждении комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024г.» // Собрание законодательства РФ. – Москва – 65 с.
3. Незевак, В. Л. Применение накопителей электроэнергии в системе тягового электроснабжения с целью повышения пропускной способности на лимитирующих участках / В. Л. Незевак, С. С. Самолинов. – Текст: непосредственный // Транспорт Урала. – 2020. – № 1 (64). – С. 104–109.
4. Пат. RU (11) 202369 (13) U1 МПК В60М 3/00 Гибридный накопитель электроэнергии для системы тягового электроснабжения постоянного тока/ В.Л. Незевак, В.Т. Черемисин, С.С. Самолинов №2020135222; Заявлено 26.10.2020; Опубл. 15.02.2021. Бюл. №5.
5. Черемисин, В. Т. Сравнение энергетических показателей регулируемых устройств поперечной компенсации реактивной мощности в условиях эксплуатации на постах

секционирования [Текст] / В.Т. Черемисин, А.В. Никонов // Транспорт Урала: Уральский гос. ун-т. путей сообщения. Екатеринбург. – 2018. – №1. – С. 98 – 104.

6. Мамошин, Р. Р. Новые технологии электроснабжения железных дорог на переменном токе / Р. Р. Мамошин // Евразия Вести. Безопасность железнодорожного транспорта. – М., 2007. – С. 11.

7. Кондратьев, Ю.В. Концепция развития цифровой тяговой подстанции / Ю.В. Кондратьев, В.Л. Незевак, В.В. Эрбес // В сборнике: Разработка и эксплуатация электротехнических комплексов и систем энергетики и наземного транспорта. Материалы третьей международной научно-практической конференции. 2018. С. 13-20.

8. Незевак В.Л. Аспекты применения энергетических установок и систем накопления электроэнергии для тягового электроснабжения / В.Л. Незевак, С.С. Самолинов // В сборнике: Приборы и методы измерений, контроля качества и диагностики в промышленности и на транспорте: Материалы четвертой всероссийской научно-технической конференции с международным участием / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2020. С. 183-189

9. Незевак, В.Л. Моделирование режимов нагрузки на шинах постов секционирования при работе в системе тягового электроснабжения накопителей электроэнергии / В.Л. Незевак // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2017. № 4 (68). С. 159-170.

10. Phayomhom A., Methapatara K., Limlek T. Energy Storage System Application in MEA Building // 2019 IEEE PES GTD Grand International Conference and Exposition Asia (GTD Asia). doi: 10.1109/gtdasia.2019.8715897.

#### **Информация об авторах**

*Незевак Владислав Леонидович* – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Электроснабжение железнодорожного транспорта», старший научный сотрудник научно-исследовательской части, Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, e-mail: NezevakWL@mail.ru

*Самолинов Святослав Сергеевич* – Аспирант кафедры «Электроснабжение железнодорожного транспорта», Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, e-mail: samolinov97@mail.ru

*Сидоров Олег Алексеевич* – д.т.н., профессор кафедры «Электроснабжение железнодорожного транспорта», Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, e-mail: SidorovOA@omgups.ru

#### **Information about the author**

*Vladislav Leonidovich Nezevak* - PhD in Engineering sciences, Associate Professor, Electric Supply of Railway Transport Department, Senior Researcher, Research Division, Omsk State Transport University, Omsk, e-mail: NezevakWL@mail.ru

*Svyatoslav Sergeevich Samolinov* – Postgraduate student at the Department of «Electric Supply of Railway Transport», Omsk State Transport University, Omsk, e-mail: samolinov97@mail.ru

*Oleg Alekseevich Sidorov* – Grand PhD in Engineering sciences, Professor at the Department of «Electric Supply of Railway Transport», Omsk State Transport University, Omsk, e-mail: SidorovOA@omgups.ru