

---

---

## ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

---

УДК 621.316.1

DOI 10.46960/2658-6754\_2023\_2\_62

### РАЦИОНАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ БАЛАНСОВОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ В ЗАДАЧЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ НЕТЯГОВЫХ СЕТЕЙ

**В.Ю. Вуколов**ORCID: 0000-0001-6378-4373 e-mail: [vvucolov@mail.ru](mailto:vvucolov@mail.ru)филиал Самарского государственного университета путей сообщения  
в Нижнем Новгороде  
*Нижний Новгород, Россия*

Представлен анализ действующей нормативно-правовой базы работы ОАО «РЖД». Выявлено наличие дополнительных требований по надежности электроснабжения сторонних потребителей, характерных для нагрузок, получающих питание от распределительных электрических сетей общего назначения. В то же время существующая организационная структура подразделений ОАО «РЖД», ответственных за эксплуатацию нетяговых сетей, характеризуется распределением функций по обеспечению надежности электроснабжения подключенных нагрузок между отдельными дистанциями и участками, территориально удаленными друг от друга. Поэтому для эффективной эксплуатации наиболее ответственных железнодорожных нетяговых электроустановок, относящихся к первой и первой особой категории надежности, актуальна задача рационального определения границ балансовой принадлежности между электросетевым хозяйством ОАО «РЖД» и оборудованием сторонних нежелезнодорожных потребителей. Возможные варианты разграничения балансовой принадлежности определены в соответствии с нормами действующего законодательства в области тарифообразования. Установлено, что для обеспечения надежности нетяговых сетей необходимо минимизировать случаи нахождения на балансе ОАО «РЖД» понижающих трансформаторных подстанций, питающих сторонние нежелезнодорожные нагрузки. Такой подход не приводит к уменьшению полезного отпуска электрической энергии и позволяет избежать обслуживания разветвленных потребительских электрических сетей низкого напряжения, на которые приходится наибольшая доля коммерческих потерь электроэнергии.

**Ключевые слова:** граница балансовой принадлежности, надежность, нетяговые потребители, нетяговая сеть, электроснабжение железных дорог, электроэнергетика.

**Для цитирования:** Вуколов В.Ю. Рациональное определение границ балансовой принадлежности в задаче обеспечения надежности нетяговых сетей // Интеллектуальная Электротехника. 2023. № 2. С. 62-77.  
DOI: 10.46960/2658-6754\_2023\_2\_62

## **RATIONAL DEFINITION OF BALANCE AFFILIATION BOUNDARY IN TASK OF ENSURING RELIABILITY OF NON-TRAIN POWER NETWORKS**

**V.Y. Vukolov**

ORCID: **0000-0001-6378-4373** e-mail: **vvukolov@mail.ru**

The Branch of the Samara State Transport University in Nizhny Novgorod  
*Nizhny Novgorod, Russia*

**Abstract.** The reliability of the operation of non-traction railway networks directly affects the performance and efficiency of the train traffic system, and hence the safety in railway transport. At the same time, both railway non-traction loads (including signaling devices, blocking centralization) and third-party non-railway consumers receive power from non-traction railway networks. The presented analysis of the current regulatory and legal framework has shown the presence of additional requirements for the reliability of power supply to third-party consumers, typical for loads powered by general-purpose distribution electrical networks. At the same time, the existing organizational structure of Russian Railways divisions responsible for the operation of non-traction networks is characterized by the distribution of functions to ensure the reliability of power supply to connected loads between individual distances and areas that are geographically remote from each other. Therefore, for the efficient operation of the most critical railway non-traction electrical installations belonging to the first and first special reliability categories, the task of rationally determining the balance affiliation boundary between the electric grid facilities of Russian Railways and the equipment of third-party non-railway consumers becomes relevant. Possible options for delimitation of balance affiliation boundary are determined in accordance with the norms of the current legislation in the field of tariff formation. It has been established that in order to ensure the reliability of non-traction networks, it is necessary to minimize the cases when step-down transformer substations supplying third-party non-railway loads are on the balance sheet of Russian Railways. This approach does not lead to a decrease in the useful supply of electrical energy and avoids the maintenance of branched low-voltage consumer electrical networks, which account for the largest share of commercial electricity losses.

**Keywords:** balance affiliation boundary, electric power industry, non-train power consumer, non-train power network, railway power supply, reliability.

**For citation:** V.Y. Vukolov, «Rational definition of balance affiliation boundary in task of ensuring reliability of non-train power networks», *Smart Electrical Engineering*, no. 2, pp. 62-77, 2023. DOI: 10.46960/2658-6754\_2023\_2\_62

## **I. Введение**

Согласно ГОСТ Р 53685-2009 [1], нетяговый потребитель (железной дороги) – это железнодорожный потребитель электрической энергии, не использующий для эксплуатации тяговое электрооборудование. В соответствии с тем же нормативным документом, под системой тягового электроснабжения понимается совокупность электроустановок, предназначенная для преобразования, распределения и передачи электрической энергии к железнодорожному электроподвижному составу. С учетом приведенного определения более детально под нетяговыми железнодорожными потребителями следует понимать потребителей электрической энергии всех служб железных дорог, непосредственно связанных с эксплуатацией, кроме электрической тяги поездов. Отдельно стоит отметить нежелезнодорожных нетяговых потребителей (районная нагрузка), которые потребляют электроэнергию в 4-6 раз больше, чем железнодорожные нетяговые потребители. Питание такой нагрузки осуществляется, как правило, в полосе 30-40 км от железной дороги [2].

Для электроснабжения нетяговых потребителей вдоль трассы железной дороги прокладывается две линии электропередачи – воздушная линия сигнализации, централизации, блокировки (ВЛ СЦБ), предназначенная исключительно для питания наиболее ответственных железнодорожных нетяговых потребителей, а также либо линия продольного электроснабжения напряжением 6-10 кВ (ВЛ ПЭ), либо линия «два провода – рельс» (ВЛ ДПР) напряжением 25 кВ. ВЛ ПЭ и ВЛ ДПР обеспечивают резервное питание устройств СЦБ, а также основное питание остальных нетяговых потребителей, в том числе нежелезнодорожных. В ряде случаев, при большой мощности нетяговых нагрузок, могут прокладываться одновременно ВЛ СЦБ, ВЛ ПЭ и ВЛ ДПР. Совокупность указанных линий электропередачи и подключенных к ним трансформаторных подстанций (ТП) представляет собой нетяговую сеть.

## **II. Организационная структура подразделений ОАО «РЖД», обеспечивающих эксплуатацию нетяговых сетей**

Обеспечение функционирования системы электроснабжения нетяговых потребителей согласно существующей структуре ОАО «РЖД» входит в состав задач Трансэнерго – филиала ОАО «РЖД». Основными видами деятельности указанного подразделения, применительно к нетяговому электроснабжению, являются удовлетворение потребностей в электроэнергии, ее покупка, передача и распределение, а также оказание услуг по передаче электрической энергии потребителям [3].

Кроме того, ряд задач по обеспечению функционирования системы электроснабжения нетяговых потребителей находится в ведении Управле-

ния электрификации и электроснабжения Центральной дирекции инфраструктуры (ЦДИ). Основными видами деятельности данного подразделения в области эксплуатации нетяговых сетей являются [4]:

- организация процесса нормального и противоаварийного управления системы электроснабжения нетяговых потребителей;
- реализация программ перспективного развития, технического обслуживания и ремонтов оборудования;
- взаимодействие с территориальными сетевыми организациями (ТСО), ОАО «СО ЕЭС», энергосбытовыми компаниями для решения технических вопросов обеспечения внешнего электроснабжения существующих объектов.

Непосредственно для эксплуатации железнодорожного хозяйства в структуре Трансэнерго по территориальному принципу выделяются Дирекции по энергообеспечению, в состав которых входит предприятие хозяйства (дистанции) электроснабжения, а в составе территориальных подразделений ЦДИ выделяется предприятие хозяйства СЦБ.

Дистанции сигнализации, централизации и блокировки (ШЧ) осуществляют техническое обслуживание и ремонт конечных электроустановок СЦБ, а также сбор и формирование статистики по отказам и повреждениям оборудования СЦБ. Дистанции электроснабжения (ЭЧ) занимаются эксплуатацией электросетевого хозяйства и обеспечением надежного электроснабжения всех железнодорожных потребителей. На «Горьковской железной дороге» (ГЖД) такие функции возложены на ЭЧ-2 (Горьковская дистанция электроснабжения). Основные задачи, за выполнение которых отвечает дистанция электроснабжения, можно сформулировать на основе Типового устава [5]. К числу таких задач в контексте эксплуатации системы электроснабжения нетяговых потребителей относятся:

- проведение планово-предупредительных ремонтов (ППР) и технического обслуживания оборудования;
- разработка и внедрение программ по усилению, модернизации и обновлению элементов нетяговых сетей, реализация мероприятий по повышению их надежности на основе анализа работы устройств электроснабжения;
- снижение удельного расхода электроэнергии на измеритель работы железнодорожного транспорта.

Следует отметить, что в Типовом уставе [5] среди задач ЭЧ детально прописано обеспечение требуемых показателей качества электрической энергии в контактной сети, но при этом аналогичным вопросам в сетях нетягового электроснабжения внимание не уделено.

Обязанности по техническому обслуживанию и ремонту ВЛ ПЭ и ВЛ

СЦБ, проложенных вдоль железнодорожного полотна, возлагаются на производственное подразделение дистанции электроснабжения, получившее название ЭЧК – район контактной сети [6]. На железных дорогах РФ существует более 900 таких единиц дистанции электроснабжения. Эксплуатационная длина электрифицированной линии, обслуживаемой одним ЭЧК, обычно не превышает межподстанционной зоны (расстояние между смежными тяговыми подстанциями) для железных дорог переменного тока напряжением 25 кВ и составляет 25-50 км. Дополнительно в обязанности ЭЧК входит обслуживание линий 0,4 кВ, участвующих в электроснабжении промежуточных станций и перегонов железных дорог от сетей ПЭ.

Для обслуживания участков электрических сетей, предназначенных для питания железнодорожных нетяговых потребителей, а также линий 0,4 кВ крупных станций и узлов, в составе ЭЧ выделяются подразделения ЭЧС – районы электрических сетей. Задачей ЭЧС является содержание и ремонт сети наружного освещения железнодорожных станций и поселков [7]. В отдельных случаях эти функции возлагаются также на подразделения ЭЧК. Непосредственно обслуживанием трансформаторов нетяговых сетей, в том числе и питающих нагрузки СЦБ, занимается подразделение РРУ – ремонтно-ревизионные участки (группа масляного хозяйства и испытаний). Также РРУ осуществляют отдельные виды работ по обслуживанию и эксплуатации оборудования нетяговых сетей (ППР, испытания и наладка оборудования, включая устройства защиты и автоматики ТП). В составе отдельных подразделений ЭЧ службы ЭЧК и ЭЧС могут быть объединены. Круглосуточное диспетчерское управление объектами электросетевого хозяйства, в том числе с целью обеспечения надежного электроснабжения нетяговых потребителей, входит в обязанности энергодиспетчерской группы (ЭЦЦ).

Как видно из рассмотренной структуры управления, эффективная работа по эксплуатации, обслуживанию и ремонту электроустановок нетяговых сетей возможна лишь при тесном взаимодействии отдельных подразделений дистанции электроснабжения. При этом обслуживание и ремонт непосредственно конечных потребителей СЦБ находится в ведомстве другой службы (ШЧ), что, как и территориальная рассредоточенность подразделений ЭЧС, ЭЧК и РРУ, затрудняет работу по обеспечению надежности и эффективности электроснабжения нетяговых потребителей.

### **III. Требования по надежности и резервированию систем электроснабжения нетяговых потребителей**

В настоящее время действующего нормативного документа, устанавливающего требования к системам электроснабжения нетяговых потребителей в зависимости от категории надежности, не существует. На практике

категорийность отдельных электроприемников нетяговых нагрузок согласно [8] определяется в соответствии с Инструкцией ЦЭ-4846 [9]. В Инструкции категория надежности электроприемников нетяговых потребителей железнодорожного транспорта устанавливается в зависимости от их роли в обеспечении безопасности и бесперебойности движения поездов.

К первой категории относятся электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, срыв графика движения поездов, значительный ущерб транспорту и хозяйству страны в целом. Такие электроприемники должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаиморезервируемых источников, перерыв питания допустим лишь на время его восстановления под действием автоматики – не более 1,3 с [10, 11].

Из состава электроприемников первой категории выделяется особая их группа, для которой надежная работа необходима для обеспечения бесперебойного движения поездов, предотвращения угрозы жизни людей, пожаров и исключения большого ущерба народному хозяйству. В качестве дополнительного независимого третьего источника для электроснабжения особой группы нетяговых электроприемников, а также в качестве второго основного источника для электроприемников первой категории надежности, используются дизель-генераторные агрегаты (ДГА) с запасом дизельного топлива, рассчитанным на его непрерывную работу в течение двух суток, либо аккумуляторные батареи. Задержка запуска ДГА должна быть в пределах 3-10 с [11].

Ко второй категории относятся электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к нарушению движения поездов или производственного цикла крупных предприятий. Рекомендуется обеспечение электроприемников второй категории электроэнергией от двух источников питания, но при этом допустим перерыв электроснабжения на время выполнения переключений дежурным персоналом или оперативной выездной бригадой. Допускается питание этой категории электроприемников по одному фидеру или от одного трансформатора, если время восстановления указанных элементов системы электроснабжения не превышает одних суток [9]. В то же время кабельные вставки на линиях, питающих электроприемники второй категории, должны выполняться двумя кабелями, пропускная способность каждого из которых должна обеспечивать передачу максимальной мощности линии.

К третьей категории относятся все остальные электроприемники. Для них питание может выполняться от одного источника при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают одних суток.

Перечень электроприемников первой и второй категорий всех предприятий железных дорог по отдельным хозяйствам приведен в разделе 2 Инструкции [9]. Не вошедшие в этот перечень электроустановки относятся к третьей категории. Отдельно выделены общие электроприемники всех хозяйств, а также рассмотрена в виде таблицы категоричность электроприемников жилых и общественных зданий всех хозяйств.

Инструкция [9] в полном объеме определяет требования по обеспечению надежности функционирования ВЛ СЦБ и их центров питания как сетей электроснабжения потребителей I категории, поскольку подключение сторонних нагрузок к таким линиям запрещено. В то же время через ВЛ ПЭ или непосредственно от шин 6-35 кВ тяговых подстанций могут получать питание не только нетяговые электроприемники железных дорог, но и сторонние нежелезнодорожные потребители, для которых требования по надежности определяются иными нормативными документами – Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) [12] и Правилами недискриминационного доступа [13].

Согласно ПУЭ, так же, как и в Инструкции [11], выделяются три категории электроприемников потребителей и вводятся основные требования к обеспечению их надежности. Положения ПУЭ определяют допустимую длительность единичного перерыва электроснабжения для электроприемников третьей категории (до суток), а также число основных и резервных источников питания для обеспечения их электроэнергией. В целом, понятия категории надежности ПУЭ для электроустановок сторонних железнодорожных потребителей практически полностью тождественны введенным Инструкцией [9] определениям категории надежности для нетяговых потребителей железных дорог. При этом в ПУЭ не устанавливается, какой субъект энергетики несет ответственность за обеспечение надежности, а какой финансирует ее обеспечение.

Ответ на этот вопрос можно найти в других действующих законодательных актах РФ. Так, действующая редакция Правил недискриминационного доступа [13], определяет понятие «категория надежности электроснабжения» как «содержание обязательств сетевой организации по обеспечению надежности снабжения электрической энергией энергопринимающих устройств, в отношении которых заключен договор». При этом обязанность каждой ТСО «осуществлять передачу электрической энергии в соответствии с согласованной категорией надежности энергопринимающих устройств потребителя услуг (потребителя электрической энергии, в интересах которого заключается договор)».

Отнесение энергопринимающих устройств потребителя электрической энергии к определенной категории надежности осуществляется потре-

бителем самостоятельно по признакам, практически полностью соответствующим определениям, приведенным в ПУЭ или Инструкции. Однако для первой особой категории дополнительно вводится требование наличия автономного резервного источника питания, который потребитель обязан поддерживать в состоянии готовности к использованию при возникновении вне регламентных отключений, введении аварийных ограничений режима потребления электрической энергии или использовании противоаварийной автоматики.

Кроме вышеперечисленных особенностей, Правила недискриминационного доступа определяют наиболее важное для потребителей электроэнергии требование: допустимое число часов отключения в год и сроки восстановления энергоснабжения для каждой из категорий надежности. Такие требования устанавливаются для электрических сетей, находящихся на балансе ТСО, к которым присоединены непосредственно электроприемники или сети потребителей. Для третьей категории надежности допустимое число часов отключения в год составляет 72 часа, но не более 24 часов подряд, включая срок восстановления электроснабжения.

Для первой категории надежности срок восстановления энергоснабжения не может превышать время автоматического восстановления питания, которое указывается в договоре при технологическом присоединении электроустановок потребителей или определяется ТСО по согласованию с потребителем исходя из максимального времени действия АВР.

Для второй категории надежности максимальный интервал восстановления электроснабжения прописывается в договоре энергоснабжения и определяется временем выполнения оперативным персоналом ТСО переключений в электроустановках, которое, исходя из практики эксплуатации, в распределительных сетях составляет в среднем 30 минут. Такой же предельный перерыв электроснабжения устанавливается для ответственных потребителей второй категории объектов сельскохозяйственного назначения в соответствии с Рекомендациями [14]. Это обстоятельство крайне важно учитывать, поскольку большинство сторонних нетяговых потребителей получают питание от ВЛ ПЭ или ВЛ ДПР именно в малонаселенной сельской местности, где отсутствуют развитые электрические сети общего назначения.

Допустимое число часов отключения в год для сторонних потребителей первой и второй категории надежности устанавливается в договоре энергоснабжения и не может быть более 72 часов, предусмотренных для третьей категории.

#### **IV. Анализ возможных вариантов установления границ балансовой принадлежности**

##### **при подключении нетяговых нежелезнодорожных потребителей**

Выше было установлено, что для обеспечения надежности электроснабжения сторонних нежелезнодорожных потребителей, подключенных к нетяговым сетям, необходимо помимо Инструкции [9], руководствоваться дополнительными требованиями. Как правило, такие потребители характеризуются низкой плотностью нагрузок и получают питание от ТП 6(10)/0,4 кВ или 25/0,4 кВ. Вопрос о разграничении ответственности за обеспечение надежности электрических сетей между нежелезнодорожным потребителем и ТСО (в качестве которой выступает подразделение ОАО «РЖД») решается согласно акту об установлении границ балансовой принадлежности (ГБП) и эксплуатационной ответственности, заключаемому на этапе технологического присоединения к сети.

Анализ однолинейных схем ВЛ ПЭ и ВЛ ДПР ГЖД позволяет выделить четыре основных варианта технологического присоединения нетяговых нежелезнодорожных потребителей:

- 1) ГБП устанавливается в распределительном устройстве (РУ) высокого напряжения (ВН) ТП (рис. 1 а, ГБП 1);
- 2) ГБП устанавливается в распределительном устройстве низкого напряжения (НН) ТП (рис. 1 а, ГБП 2);
- 3) ГБП устанавливается на вводном распределительном устройстве (ВРУ) потребителя (рис. 1 а, ГБП 3);
- 4) ГБП устанавливается на опорах отходящей к потребителю линии электропередачи в местах присоединения отпаек (рис. 1 б, ГБП 1, ГБП 2 и ГБП 3).

Все перечисленные варианты разграничения ГБП полностью соответствуют действующему законодательству РФ в области тарифообразования [15] и могут использоваться на любом уровне напряжения присоединения. В зависимости от типа потребителей, места установки расчетного счетчика и точки установления ГБП возникает ряд технических и экономических рисков, приводящих к снижению надежности и эффективности электроснабжения как сторонних нетяговых потребителей, так и железнодорожных нетяговых нагрузок. Рассмотрим каждую ситуацию более подробно.

С учетом рассмотренной ранее организационной структуры эксплуатации нетяговых сетей ОАО «РЖД», для обеспечения требований по надежности электроснабжения сторонних потребителей наиболее оптимальным является первый вариант. В этом случае все сети электроснабжения нежелезнодорожных потребителей уходят с баланса ОАО «РЖД» и подразделения ЭЧ занимаются обслуживанием только ВЛ ПЭ и ТП, питающих нагрузки СЦБ.

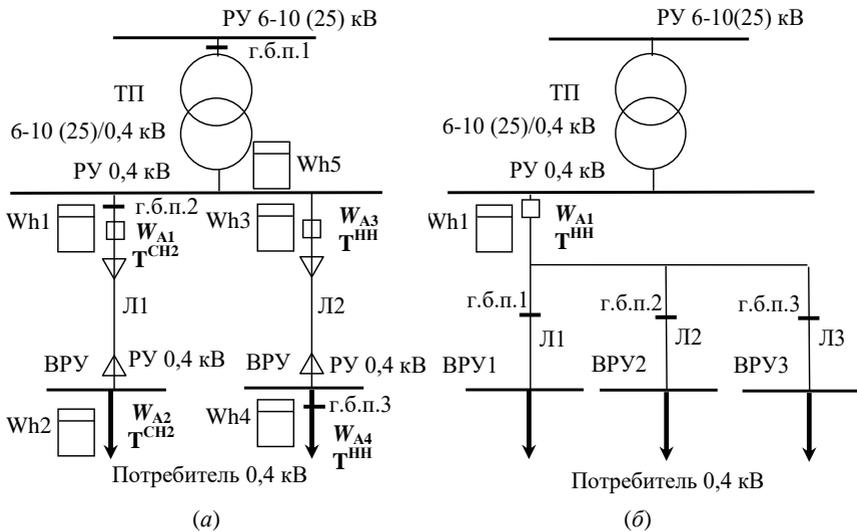


Рис. 1. Варианты разграничения границ балансовой принадлежности между нежелезнодорожным потребителем и подразделением ОАО «РЖД»

Fig. 1. Options for delimiting the boundaries of balance sheet ownership between a non-railway consumer and a division of Russian Railways

С учетом ограниченного состава оперативно выездных бригад, особенно дежурного персонала, такой вариант установления ГБП позволяет снизить время восстановления поврежденных элементов нетяговых сетей. В то же время возникает проблема с достоверным определением объема отпуска электрической энергии потребителю, поскольку счетчики на высокой стороне нетяговых трансформаторов обычно не устанавливаются. Поэтому определение отпущенной в сети сторонних нетяговых потребителей электроэнергии производится расчетным путем с учетом потерь в сети одним из следующих вариантов, рассмотренных далее.

1. Наиболее достоверный расчет на основе показаний счетчиков коммерческого учета, установленных на стороне НН трансформаторов ( $Wh_4$ , рис. 1 а) – показания счетчиков приводятся к границе балансовой принадлежности с учетом потерь в трансформаторах, для определения которых целесообразно использовать полученную на основе Инструкции по расчету потерь [16] формулу:

$$\Delta W_{\Gamma} = \Delta W_{\text{X}} + \Delta W_{\text{H}} = \Delta P_{\text{X}} \sum_{i=1}^m T_{\text{pi}} \left( \frac{U_i}{U_{\text{ном}}} \right)^2 + k_k \sum_{i=1}^m T_{\text{pi}} \frac{P_{\text{cp}}^2 + Q_{\text{cp}}^2}{U_i^2} R_{\Gamma} k_{\text{ф}}^2, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (1)$$

где  $\Delta W_{\text{X}}$  – потери электроэнергии холостого хода в силовом трансформаторе, определяются на основе приведенных в паспортных данных оборудования потерь мощности холостого хода  $\Delta P_{\text{X}}$ , кВт·ч;  $T_{\text{pi}}$  – число часов работы трансформатора в  $i$ -м режиме, ч;  $U_i$  – напряжение на высшей стороне трансформатора в  $i$ -м режиме, кВ;  $U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение высшей обмотки трансформатора, кВ;  $k_{\text{ф}}^2$  – квадрат коэффициента формы графика суммарной нагрузки сети за расчетный интервал;  $k_k$  – коэффициент, учитывающий различие конфигураций графиков активной и реактивной нагрузки различных ветвей сети (принимается равным 0,99);  $P_{\text{cp}}$ ,  $Q_{\text{cp}}$  – средние значения активной и реактивной мощности нагрузки за период  $T_i$ , кВт, квар;  $R_{\Gamma}$  – активное сопротивление трансформатора, Ом.

2 При отсутствии счетчиков на низкой стороне трансформаторов (или в случае, когда классы точности этих счетчиков не соответствуют требованиям к коммерческим системам учета) целесообразно использовать показания коммерческих приборов учета, установленных на головных участках отходящих присоединений 0,4 кВ от шин ТП ( $Wh1$  и  $Wh3$ , рис. 1 а). Для определения отпуска в сеть необходимо произвести суммирование показаний счетчиков электроэнергии отходящих присоединений и полученную величину привести к границе балансовой принадлежности с учетом потерь в трансформаторах (1). Такой подход приводит к появлению небалансов электрической энергии и увеличению коммерческих потерь ввиду одновременности снятия показаний по отдельным приборам учета, различных классов точности и различной загрузки приборов измерительного тракта по отдельным присоединениям.

Для повышения достоверности определения объема электроэнергии, передаваемого через границу балансовой принадлежности, рекомендуется обеспечить снятие ежемесячных показаний всех приборов коммерческого учета в последний рабочий день месяца и применять в составе системы измерительного тракта трансформаторы тока (ТТ) класса S.

3. Наименее точный расчет отпуска в сеть будет при наличии приборов коммерческого учета только в ВРУ потребителей ( $Wh2$  и  $Wh4$ , рис. 1 а). В этом случае определение отпуска в сеть на границе балансовой принадлежности потребует поэлементного расчета технических потерь электроэнергии как в трансформаторах, так и в разветвленной линии электропередачи 0,4 кВ. Такой расчет, особенно при недостатке схемно-технической информации о параметрах сети НН, является чрезвычайно трудоемкой задачей и сопровождается появлением существенных небалансов электроэнергии и коммерческих потерь ввиду отмеченных ранее причин. Поэтому

использование таких приборов учета в качестве расчетных является, по сути, чисто теоретическим подходом к определению отпуска электроэнергии в сеть и на практике нецелесообразно.

С точки зрения нежелезнодорожного потребителя, рассмотренный вариант разграничения балансовой принадлежности не является предпочтительным, поскольку именно за ним закрепляются обязанности по эксплуатации и обслуживанию как трансформатора, так и отходящих линий 0,4 кВ. В то же время этот вариант характеризуется более низкой тарифной ставкой за потребленную электроэнергию (СН2 при напряжении на стороне ВН трансформатора 6(10) кВ и СН1 при напряжении 25 кВ).

При установлении ГБП в распределительном устройстве НН трансформаторной подстанции, в обязанности подразделений ЭЧ дополнительно войдет эксплуатация ТП, обеспечивающих электроэнергией только сторонних нетяговых потребителей. При этом отпуск электрической энергии в сеть никак не изменится, какой-либо дополнительной прибыли подразделение ОАО «РЖД», выступающее в данном случае в роли ТСО, не получит. Все увеличение необходимой валовой выручки компенсируется затратами на обслуживание трансформаторов и связанного с ними оборудования, а также потерями электроэнергии в трансформаторах. Поэтому такой вариант разграничения балансовой принадлежности является менее предпочтительным и приводит к дополнительному объему работ для оперативного персонала, что, в свою очередь, отрицательно сказывается на обслуживании других участков нетяговых сетей, предназначенных для питания железнодорожных нагрузок. В то же время для нежелезнодорожных потребителей такой вариант имеет ряд преимуществ:

- ставка тарифа на электроэнергию соответствует напряжению на стороне ВН ТП;
- оплата за электроэнергию производится непосредственно согласно показаниям счетчика, поскольку он расположен на ГБП;
- на балансе потребителя не находится высоковольтного электрооборудования, требующего более жестких требований к квалификации обслуживающего персонала.

Разграничение балансовой принадлежности на шинах НН питающей ТП наиболее эффективно для промышленных предприятий, имеющих в своем штате персонал для обслуживания сетей 0,4 кВ, а также крупных организаций жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ). Для потребителей категории «население» или приравненных к нему категорий (садовые товарищества, гаражные кооперативы) такой вариант разграничения балансовой принадлежности нецелесообразен.

Установление ГБП на ВРУ потребителя или в местах присоединения

отпаек при заключении договора на оказание услуг по передаче электрической энергии подразделениям ОАО «РЖД» следует категорически избегать. В этих случаях на баланс попадает существенная доля оборудования 0,4 кВ и, как следствие, обязательства по обеспечению надежности его функционирования. Кроме того, могут возникать сложности с приведением показаний приборов учета к ГБП и существенно возрастают риски появления коммерческих потерь электроэнергии. Разграничение балансовой принадлежности на ВРУ наиболее предпочтительно для потребителей категории «население». Установление ГБП на опорах отходящей к потребителю линии электропередачи в местах присоединения отпаек стоит рассматривать лишь как промежуточный этап развития договорных отношений ТСО – потребитель, характерный для сельской местности, и не отвечающий интересам ни ОАО «РЖД», ни потребителя.

Проведенный анализ вариантов разграничения балансовой принадлежности показывает, что для максимального обеспечения надежности функционирования железнодорожных потребителей предпочтительно, чтобы на балансе подразделений ОАО «РЖД» находились ВЛ СЦБ и ВЛ ПЭ, а также только те ТП и распределительные линии электропередачи 0,4-10 кВ, которые обеспечивают питание нетяговых железнодорожных нагрузок.

## **V. Заключение**

Существующая структура подразделений ОАО «РЖД», обеспечивающих эксплуатацию нетяговых сетей, затрудняет работу по обеспечению надежности и эффективности электроснабжения нетяговых потребителей ввиду разделения функций между отдельными подразделениями дистанции электроснабжения и их территориальной рассредоточенности.

Требования по надежности электроснабжения нетяговых железнодорожных потребителей устанавливаются в зависимости от их роли в обеспечении безопасности и бесперебойности движения поездов отраслевыми документами ОАО «РЖД» и практически полностью тождественны определениям категорий надежности согласно ПУЭ. Для обеспечения надежности сторонних нежелезнодорожных потребителей, подключенных к нетяговым сетям, помимо отраслевых документов ОАО «РЖД» необходимо руководствоваться дополнительными требованиями. Для обеспечения требований по надежности электроснабжения нетяговых потребителей наиболее рациональным вариантом является определение ГБП в РУ ВН трансформаторной подстанции, подключенной к ВЛ ПЭ или ВЛ ДПР.

Установление ГБП на ВРУ 0,4 кВ потребителя или в местах присоединения ответвлений от магистрали на напряжении 0,4 кВ при заключении договора на оказание услуг по передаче электрической энергии подразделениям ОАО «РЖД» следует категорически избегать.

© Вуколов В.Ю. 2023

*Поступила в редакцию 22.01.2023**Принята к публикации 28.04.2023**Received 22.01.2023**Accepted 28.04.2023***Библиографический список**

- [1] ГОСТ Р 53685-2009. Электрификация и электроснабжение железных дорог. Термины и определения. Введ. 2009-12-15. М.: Стандартинформ, 2009. – 28 с.
- [2] Марквардт К.Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог. М.: Транспорт, 1982. – 528 с.
- [3] ОАО «РЖД». Трансэнерго – филиал ОАО «РЖД». Основная информация. [Электронный ресурс]. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9349/page/105554?id=18#enttab-main/> (дата обращения 15.01.2023).
- [4] Управление электрификации и электроснабжения Центральной дирекции инфраструктуры. Основная информация. ОАО «РЖД». [Электронный ресурс]. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9349/page/105554?id=18#enttab-main/> (дата обращения 15.01.2023).
- [5] ЦЭ-53. Типовой устав дистанции электроснабжения отделения железной дороги. Введ. 1992-07-21. Отм. 2019-08-26. М.: ТРАНСИЗДАТ, 1992. – 6 с.
- [6] Конарев Н.С. Железнодорожный транспорт / Энциклопедия. М.: Большая Российская энциклопедия, 1995. – 559 с.
- [7] Методика нормирования расхода электроэнергии для стационарных объектов хозяйства электрификации и электроснабжения железных дорог. Введ. 2000-12-08. М.: ТРАНСИЗДАТ, 2000. – 20 с.
- [8] СП 226.1326000.2014. Электроснабжение нетяговых потребителей. Правила проектирования, строительства и реконструкции. Введ. 2014-12-01.
- [9] ЦЭ-4846. Инструкция по категорийности электроприемников нетяговых потребителей железнодорожного транспорта. Введ. 1991-03-11. Отм. 2019-05-22. М.: Транспорт, 1992.
- [10] Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. Утв. приказом Минтранса России № 250. Введ. 2022-06-23.
- [11] ЦЭ-881. Инструкция по техническому обслуживанию и ремонту устройств электроснабжения сигнализации, централизации, блокировки и связи на федеральном железнодорожном транспорте. Утв. Министерством путей сообщения РФ от 14.03.2002 г.
- [12] Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е изд. М.: ЗАО «Энергосервис», 2007. – 610 с.
- [13] Правила недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг. Утв. постановлением Правительства РФ № 861 от 27.12.2004 г.
- [14] Методические рекомендации для определения категорийности потребителей по надежности электроснабжения. Утв. решением Электроэнергетического Совета СНГ, протокол № 55 от 25.10.2019 г.

- [15] О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии. Утв. постановлением Правительства РФ № 442 от 04.05.2012 г.
- [16] Инструкция по организации в Министерстве Энергетики Российской Федерации работы по расчету и обоснованию нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям. Утв. приказом Министерства Энергетики РФ № 326 от 30.12.2008 г.

### References

- [1] Electrification and power supply of railways. Terms and Definitions, GOST R 53685-2009, Dec. 2009.
- [2] К.Г. Марквардт, *Elektrosnabzhenie elektrificirovannykh zheleznykh dorog [Power supply of electrified railways]*. Moscow: Transport, 1982 (in Russian).
- [3] Transenergo – filial OAO «RZHD». Osnovnaya informatsiya [Transenergo is a branch of Russian Railways. Basic information]. [Online]. Available at: <https://company.rzd.ru/ru/9349/page/105554?id=18#enttab-main/> [Accessed: Jan. 15, 2023] (in Russian).
- [4] Upravlenie elektrifikatsii i elektrosnabzheniya Central'noj direkcii infrastruktury. Osnovnaya informatsiya [Department of Electrification and Power Supply of the Central Directorate of Infrastructure. Basic information]. [Online]. Available at: <https://company.rzd.ru/ru/9349/page/105554?id=18#enttab-main/> [Accessed: Jan. 15, 2023] (in Russian).
- [5] Tipovoj ustav distantsii elektrosnabzheniya otdeleniya zheleznoj dorogi [Typical charter for the distance of power supply of the railway department], TSE-53, July 1992. Moscow: TRANSIZDAT, 1992 (in Russian).
- [6] N.S. Konarev, *ZHeleznodorozhnyj transport. Enciklopediya [Railway transport. Encyclopedia]*. Moscow: Great Russian Encyclopedia, 1995 (in Russian).
- [7] Metodika normirovaniya raskhoda elektroenergii dlya stacionarnykh ob'ektov hoz'yajstva elektrifikatsii i elektrosnabzheniya zheleznykh dorog [Methodology for rationing electricity consumption for stationary facilities of the economy of electrification and power supply of railways]. Moscow: TRANSIZDAT, 2000 (in Russian).
- [8] Elektrosnabzhenie netyagovykh potrebitelej. Pravila proektirovaniya, stroitel'stva i rekonstrukcii [Power supply of non-traction consumers. Rules for design, construction and reconstruction], SR 226.1326000.2014, Dec. 2014 (in Russian).
- [9] Instruksiya po kategorijnosti elektroprivmnikov netyagovykh potrebitelej zheleznodorozhnogo transporta [Instructions on the categorization of electrical receivers of non-traction consumers of railway transport], TSE-4846, March 1991. Moscow: Transport, 1992 (in Russian).
- [10] Pravila tekhnicheskoy ekspluatatsii zheleznykh dorog Rossijskoj Federatsii [Rules for the technical operation of the railways of the Russian Federation], Order of the Mintrans of Russia № 250, June 2023 (in Russian).
- [11] Instruksiya po tekhnicheskomu obsluzhivaniyu i remontu ustrojstv elektrosnabzheniya signalizatsii, tsentralizatsii, blokirovki i svyazi na federal'nom zheleznodorozhnom transporte [Instructions for the maintenance and repair of power supply devices for signaling, centralization, blocking and communication on federal railway

- transport], TSE-881. Approved by Ministry of Railways of the Russian Federation dated on March 14, 2002 (in Russian).
- [12] *Pravila ustrojstva elektroustanovok [Rules of electrical facilities maintenance]*. Moscow: Energoservis, 2007 (in Russian)
- [13] *Pravila nediskriminacionnogo dostupa k uslugam po peredache elektricheskoy energii i okazaniya etih uslug [Rules for non-discriminatory access to electricity transmission services and provision of these services]*, Approved by Order of the Government of the Russian Federation № 861 dated on Dec. 27, 2004 (in Russian).
- [14] *Metodicheskie rekomendacii dlya opredeleniya kategorijnosti potrebitelej po nadezhnosti elektrosnabzheniya [Guidelines for determining the categorization of consumers in terms of power supply reliability]*. Approved by Decision of the CIS Electric Power Council № 55 dated on Oct. 25, 2019 (in Russian).
- [15] *O funkcionirovanii roznichnyh rynkov elektricheskoy energii, polnom i (ili) chastichnom ogranichenii rezhima potrebleniya elektricheskoy energii [On the functioning of retail electricity markets, full and (or) partial restriction of the mode of consumption of electricity]*, Approved by Order of the Government of the Russian Federation №442 dated on May 04, 2012 (in Russian).
- [16] *Instrukciya po organizacii v Ministerstve Energetiki Rossijskoj Federacii raboty po raschetu i obosnovaniyu normativov tekhnologicheskikh poter' elektroenergii pri ee peredache po elektricheskim setyam [Instructions on the organization in the Ministry of Energy of the Russian Federation of work on the calculation and justification of the standards for technological losses of electricity during its transmission through electric networks]*, Approved by Order of the Ministry of Energy of the Russian Federation № 326 dated on Dec. 30, 2008 (in Russian).

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Вуколов Владимир Юрьевич**,  
кандидат технических наук, доцент филиала Самарского государственного университета путей сообщения в Нижнем Новгороде, г. Нижний Новгород, Российская Федерация

**Vladimir Yu. Vukolov**, Cand. Sci. (Eng.), associate professor of the Branch of the Samara State Transport University in Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation