

# ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В РАЗВИВАЮЩЕЙСЯ ЭНЕРГОСИСТЕМЕ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

**Ю.П. Гусев, А.Г. Каюмов**

*Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, Россия*

Проанализировано техническое состояние электрооборудования, установленного на электрических станциях и подстанциях в электроэнергетической системе Республики Таджикистан (ЭЭС РТ) в настоящее время и с учетом перспектив ее развития. Рассмотрен каждый из элементов ЭЭС РТ по отдельности и оценен срок их службы, а также оценено их техническое состояние. Показано, что из всех ЛЭП 0,4–500 кВ находятся в хорошем состоянии 18 115 км (28,7 %), в удовлетворительном состоянии 32 887 км (52,1 %), в неудовлетворительном состоянии 12 263 км (19,8 %). Выявлено электрооборудование, работающее дольше нормативных сроков, установленных заводами-изготовителями: силовых трансформаторов 2320 МВА (78 %), высоковольтных выключателей (ВВ) 232 ед. (56 %), синхронных генераторов 700 МВт (80 %). Также проанализированы структура изменения системы и ввод основных элементов напряжением 110–500 кВ по ЭЭС РТ на период 2015–2039 гг. При присоединении энергосистем соседних стран к ЭЭС РТ увеличиваются уровни токов короткого замыкания (КЗ). Эксплуатация изношенного оборудования может приводить к многочисленным авариям, поэтому рекомендовано заменить его на новые типы, а также продолжить работы по координации токов КЗ, проверке электродинамической стойкости силовых трансформаторов, соответствия отключающей способности ВВ.

*Ключевые слова:* электрическое оборудование, техническое состояние, электроэнергетическая система, короткое замыкание.

## **Введение**

Энергетическая система (ЭЭС) Республики Таджикистан (РТ) входила в состав Центральноазиатской энергетической системы (ЦАЭС). Почти 60 % потребности в электроэнергии во времена функционирования ЦАЭС удовлетворялось за счет импорта из соседних республик СССР [1]. Но после распада СССР качество эксплуатации и технического обслуживания электрооборудования ЦАЭС постепенно снижалось, поскольку каждая страна боролась за независимость в вопросах обеспечения производства электроэнергии для потребителей. Вследствие этого ЭЭС РТ отделилась от энергосистемы ЦАЭС, и северная и южная части электрических сетей оказались разделёнными. В северный регион электроэнергия поступала от подстанций (ПС), находящихся на территории Республики Узбекистан, и отключение связующих линий электропередачи (ЛЭП) ограничило эффективность функционирования энергосистемы РТ и привело к трудностям в обеспечении электроэнергией северного региона. Это также обусловило ряд других проблем, в том числе обострение проблемы обеспечения соответствия электрооборудования, установленного в ЭЭС, непрерывно возрастающему уровню токов КЗ.

Целью данной работы является обзор технического состояния электрооборудования, установленного в ЭЭС РТ, с учетом принятых стратегических планов развития энергетического сектора РТ.

## **Структура ЭЭС РТ**

Для решения указанных проблем и с целью достижения энергетической независимости в РТ был принят ряд программ по строительству, модернизации электрических станций (ЭС) малой, средней и большой мощности, ПС и ЛЭП в краткосрочной и долгосрочной перспективе [2–4]. В рамках проекта развития энергосистемы РТ в период с 2006 по 2011 гг. было успешно завершено строительство гидроэлектростанций (ГЭС) – Сангтудинской ГЭС-1 и Сангтудинской ГЭС-2 общей мощностью 892 МВт, высоковольтных ЛЭП «Юг – Север» напряжением 500 кВ, «Хатлон – Челанзар», «Лолазор – Сангтуда», «Худжанд – Айни», «Кайраккум – Ашт», «Геран – Руми», «Сангтуда – Головная ГЭС», ПС 220 кВ «Хатлон» и ПС 220 кВ «Лолазор». После ввода в эксплуатацию этих объектов на 40 % сократился сезонный дефицит электроэнергии, а новые ЛЭП позволили соединить энергосистемы южных и северных регионов РТ.

В связи с увеличением спроса не только на электроэнергию, но и на теплоснабжение, в 2014 г. построена и сдана в эксплуатацию первая очередь Душанбинской ТЭЦ-2 мощностью 100 МВт. Строительство второй очереди данной ТЭЦ мощностью 300 МВт закончено в декабре 2016 г. Однако вопрос дефицита электроэнергии в зимний период остался нерешенным. В связи с этим возобновилось строительство крупнейшей в Центральной Азии Рогунской ГЭС. Первый агрегат данной ГЭС

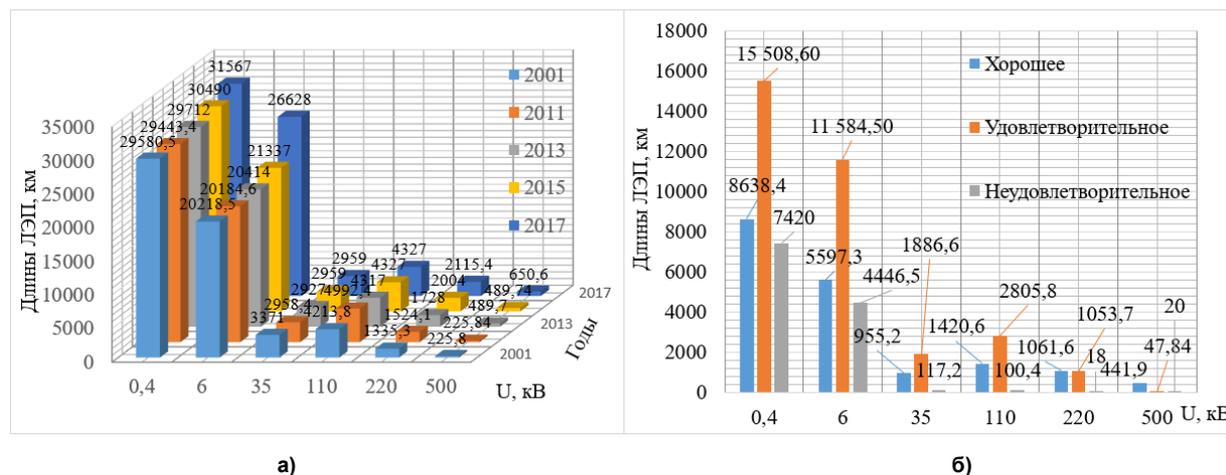


Рис. 1. ЛЭП с классами напряжения 0,4–500 кВ: а – развитие в период 2001–2017 гг.; б – техническое состояние в 2017 г.

Таблица 1

Количество и мощность электрических ПС по регионам РТ

Название регионов	Количество и мощность электрических ПС							
	ПС 500 кВ		ПС 220 кВ		ПС 110 кВ		ПС 35 кВ	
	шт.	S <sub>НОМ</sub> , МВА	шт.	S <sub>НОМ</sub> , МВА	шт.	S <sub>НОМ</sub> , МВА	шт.	S <sub>НОМ</sub> , МВА
Север	1	1002	11	1780	63	1309	128	610,8
Юг	–	–	10	1300	39	818	90	733,25
РРП	2	2904	5	1610	57	1462	40	410,3
Суммарная	3	3906	26	4690	159	3589	258	3508

мощностью 120 МВт сдан в эксплуатацию в 2018 г., а второй агрегат 240 МВт – в 2019 г. Данная ГЭС по проекту имеет 6 агрегатов общей мощностью 3600 МВт, и после ввода остальных четырех агрегатов генераторы первого и второго агрегатов будут заменены на генераторы мощностью по 600 МВт.

В настоящее время ЭЭС РТ мощностью 5757 МВт работает как единая энергетическая система, соединяющая северный и южный регионы, Душанбе, а также районы республиканского подчинения (РРП) [5]. В электрических сетях источники электроэнергии, ПС и потребители соединяются ЛЭП с уровнями напряжений 6(10)–500 кВ. Общая протяжённость воздушных ЛЭП составляет 57 208 км, а кабельных ЛЭП – 2697 км. Как видно из рис. 1а, наибольшую протяжённость, 31 567 км (56 %) от общей длины, имеют ЛЭП классом напряжения 0,4 кВ. С 2001 по 2017 г. общая протяжённость ЛЭП увеличилась с 58 944 км до 68 247 км. Результаты анализа ЛЭП [6] по трем критериям качества, выполненного в 2017 г., представлены на рис. 1б. Как видно из рис. 1б, ЛЭП ЭЭС РТ находятся в следующем техническом состоянии: 18 115 км (28,3 %) – в хорошем, 32 887,04 км (51,9 %) – в удовлетворительном, 12 263,1 км (19,8 %) – в неудовлетворительном. Наиболее опасным является состояние ЛЭП с уровнем напряжения 0,4 кВ общей длиной 7420 км (23,5 %).

Кроме ЛЭП, приведенных на рис. 1, в на-

стоящее время между РТ и соседними странами имеются 13 трансграничных ЛЭП, из них 2 ЛЭП 500 кВ, 6 ЛЭП 220 кВ, 4 ЛЭП 110 кВ и 1 ЛЭП 35 кВ. Общая пропускная способность этих ЛЭП составляет 4570 МВт, в том числе 3500 МВт приходится на ЛЭП между РТ и республикой Узбекистан, 500 МВт между РТ и Кыргызстаном и 570 МВт между РТ и Афганистаном [7].

Количество системообразующих и распределительных электрических ПС в ЭЭС РТ составляет 428 шт. с классами напряжения 35–500 кВ. Суммарная мощность ПС составляет 15 669 МВА (табл. 1).

### Техническое состояние электрооборудования

Анализ состояния электротехнического оборудования в городских сетях г. Душанбе [8] выявил, что степень изношенности силовых трансформаторов ПС 35–110 кВ составляет 67 %. В аналогичном изношенном состоянии находятся другие трансформаторы, установленные в остальных 15 сетях энергосистемы. Так же как трансформаторы, большинство коммутационных аппаратов (КА), особенно высоковольтные выключатели (ВВ), установленные в распределительных устройствах ЭС и ПС, работают дольше заводских сроков эксплуатации и являются морально и технически устаревшими. Их параметры по отключающей способности токов КЗ не соответствуют параметрам

## Электроэнергетика

рам, указанным в технических паспортах. Так как при развитии ЭЭС РТ уровни токов КЗ возрастают, особенно в распределительных устройствах напряжением 110 кВ и выше, на рис. 2 приведены данные по коммутационным аппаратам только классов напряжения 110–500 кВ (в процентах от общего количества).

Из общего КА большую часть составляют отделители ОД–110 кВ, короткозамыкатели КЗ–110 кВ (22,57%), что приводит к увеличению времени отключения поврежденных узлов во время КЗ. Из ВВ значительную часть составляют масляные выключатели типов ММО (10,5%), МКП (14%). Они были произведены в 1960–1970 гг. и в настоящее время такие выключатели не выпускаются. При присоединениях новых ЛЭП от ЭС или к ПС в таких ВВ могут возникать проблемы нормального функционирования в установившихся и аварийных режимах. Поэтому по мере возможности постепенно проведена замена некоторых из них, и продолжается замена изношенных ВВ на новые, в том числе на элегазовые, и в настоящее время их количество составляет 24% от всех ВВ.

В ЭЭС РТ электроэнергия в основном вырабатывается на ГЭС, установленная мощность которых составляет 94%, а на долю ТЭЦ приходится около 5% общей мощности. В последние годы уменьшается импорт электроэнергии и увеличивается экспорт электроэнергии в соседние страны за счет ввода в эксплуатацию новых электростанций и снижения технических потерь [10] (табл. 2).

Значительная часть электрооборудования на ЭС, установленного еще во время СССР, достигла окончания срока службы, его доля составляет около 74% [11]. Фактическая доступная мощность ЭС ниже, чем установленная мощность, из-за старения оборудования и низкого стока рек, особенно в зимний период. Для повышения производства электроэнергии два каскада Варзобских ГЭС были модернизированы, а также заменены две гидротурбины Нурекской ГЭС. Ведется модернизация агрегатов Кайракумской ГЭС, ее предполагается завершить в 2020 г. [12]. Реконструкция всех ЭС по проекту модернизации должна завершиться до 2027 г. В табл. 3 приведены характеристики генерирующих ЭС ЭЭС РТ.

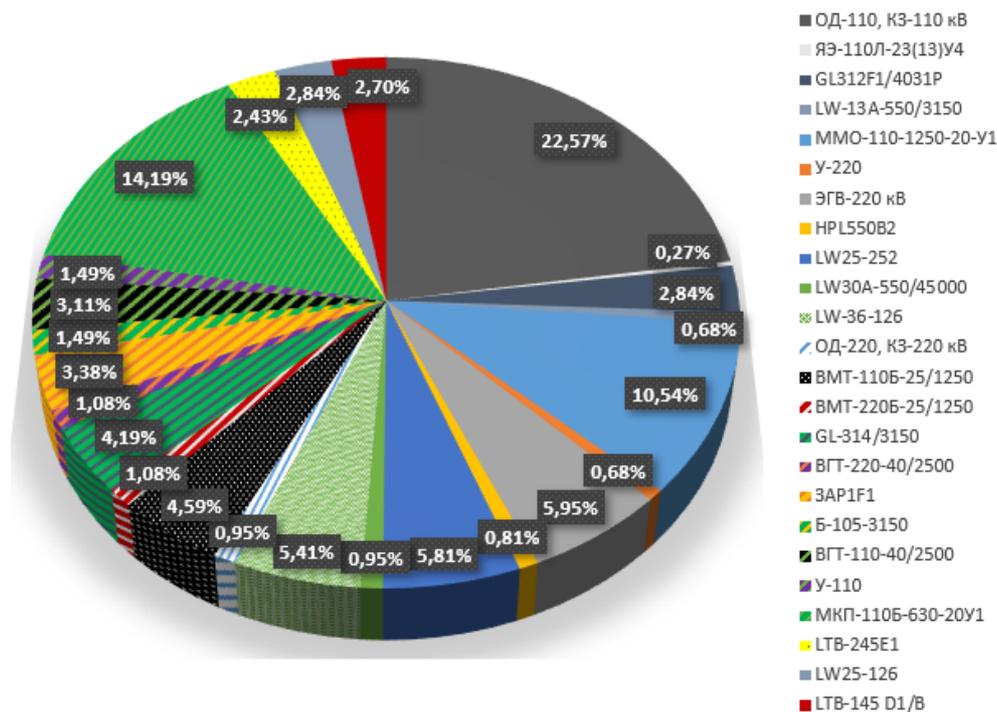


Рис. 2. Общее количество КА в ЭЭС РТ классом напряжения 110–550 кВ, %

Таблица 2

Производство, импорт и экспорт электроэнергии в ЭЭС РТ в 2011–2017 гг., ТВт·ч

Наименование	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
ГЭС	16,2	16,9	17,07	16,31	16,9	16,8	17,42
ТЭЦ	0,04	0,1	0,04	0,16	0,04	0,04	0,5
Остальные	0,0025	0,0034	0,0039	0,0041	0,0047	0,0051	0,0056
Всего	16,54	17,06	17,17	16,5	17,2	17,2	17,92
Импорт	0,1	0,01	0,02	0,01	0,06	0,04	0,097
Экспорт	0,2	0,7	1	1,5	1,4	1,4	1,4

Таблица 3

Характеристика ЭС ЭЭС РТ

№	Электростанции	Кол-во агрегатов, шт.	Установленная мощность, МВт	Фактически доступная, МВт	Мощность после модернизации, МВт
	Название				
1	Нурекская ГЭС	9	3000	2690	3069
2	Байпазинская ГЭС	4	600	550	600
3	Головная ГЭС	6	240	240	259
4	Перепадная ГЭС	3	30	30	30
5	Центральная ГЭС	2	15	15	17
6	Варзобская ГЭС-1	2	10	10	20
7	Варзобская ГЭС-2	2	14	14	14
8	Варзобская ГЭС-3	2	4	4	4
9	Кайракумская ГЭС	6	126	126	152
10	Сангтудинская ГЭС-1	4	670	670	670
11	Сангтудинская ГЭС-2	2	220	220	220
12	Яванская ТЭЦ	2	120	0	0
13	Душанбинская ТЭЦ-1	4	198	128	128
14	Душанбинская ТЭЦ-2	4	400	400	400
15	Суммарная	52	5647	5097	5583

### Перспективы развития

Стратегическая задача развития ЭЭС РТ заключается в достижении энергетической независимости с целью обеспечения баланса между производством и потреблением электроэнергии, а также экспорта электроэнергии в соседние страны. Основой при планировании перспективного развития ЭЭС является прогнозирование уровня потребности в электроэнергии. Прогнозируемое изменение спроса на электрическую энергию (ГВт·ч) и потребляемую электрическую нагрузку (МВт) в энергосистеме РТ по трем сценариям на период 2015–2039 гг. представлено на рис. 3 [13]. При экономическом развитии страны предполагается, что фактический спрос на электроэнергию находится в рамках предложенных высокого и низкого сценариев. В 2015 г. объем электропотребления составил 21 963 ГВт·ч. К концу прогнозируемого периода общий спрос на электроэнергию по ЭЭС

РТ оценивается на уровне 39 253 ГВт·ч, что на 17 290 ГВт·ч выше уровня 2015 г. Ежегодное увеличение роста спроса на электроэнергию в среднем составит 2,08 %. Максимальная электрическая нагрузка ЭЭС РТ в 2015 г. достигла уровня 4090 МВт, а к 2039 г. этот показатель ожидается на уровне 6654 МВт, что соответствует среднегодовому темпу прироста нагрузки за период 2015–2039 гг. на 1,6 %.

Развитие мощностей ЭС, обеспечивающих покрытие ожидаемого спроса на электрическую энергию и потребляемые мощности нагрузок, предусматривает ввод в эксплуатацию нового генерирующего оборудования и реализацию мероприятий по модернизации и реконструкции действующих источников электроэнергии. Ввод новых генерирующих мощностей с высокой вероятностью реализации на ЭС, планируется в объеме 6476 МВт, в том числе, на крупных и средних ГЭС – 5701 МВт,

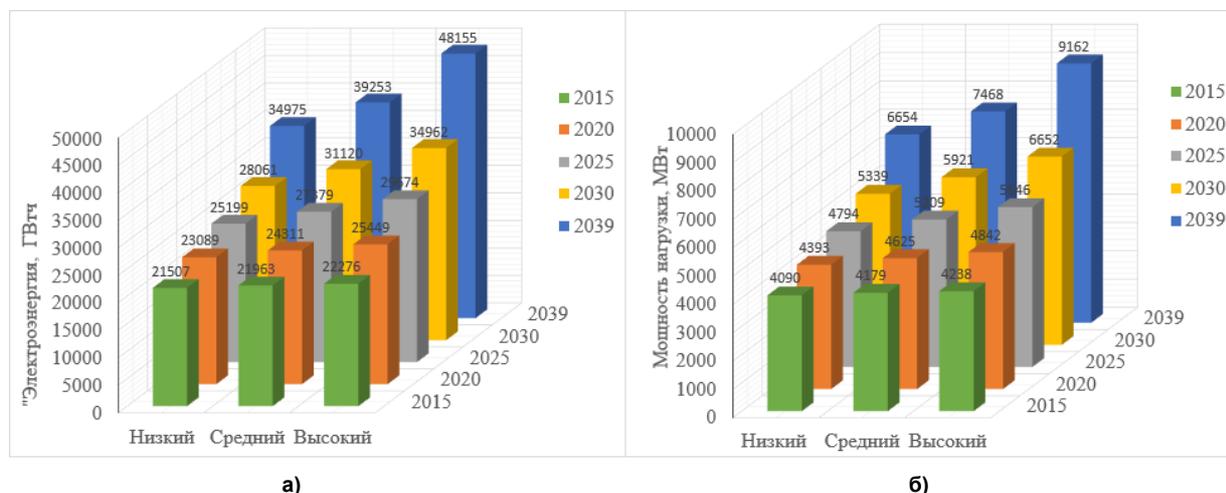


Рис. 3. Три сценария прогноза потребления электрической энергии на период 2015–2039 гг.:  
а – электроэнергия; б – мощность нагрузки

## Электроэнергетика

на малых и микроГЭС – 65 МВт, на ТЭЦ – 700 МВт. Также планируется ввод возобновляемых источников энергии (ВЭИ) мощностью 10 МВт. При реализации ввода в эксплуатацию запланированных объектов и модернизации ЭС установленная мощность ЭС увеличится на 12 059 МВт. Объемы вводов, предусмотренных проектами строительства электростанций, приведены в табл. 4.

Передача электроэнергии, произведенной новыми источниками, по электрическим сетям в рамках перспективного развития связана с решением задач, необходимых для поддержки прогнозируемой нагрузки и роста выработки до 2039 г, направленных на улучшение технической и экономической эффективности функционирования ЭЭС РТ. Развитие электрических сетей напряжением 110–500 кВ предусматривает ввод в эксплуатацию ЛЭП и трансформаторов для обеспечения нагрузки и экспорта электроэнергии с учетом проекта CASA-1000 [14]. В период 2015–2039 г. расширение ЭЭС РТ будет поэтапным. Всего предусмотрен ввод в эксплуатацию ЛЭП протяженностью 1586,2 км. Из них напряжением 110 кВ –

134,7 км, 220 кВ – 877,1 км, 500 кВ – 630 км (рис. 4а). Из-за увеличения нагруженности ЛЭП также необходимо повысить пропускную способность тех ЛЭП, которые могут быть перегруженными. В основном предусмотрено повышение пропускной способности ЛЭП напряжением 110–220 кВ (см. рис. 4а). Ввод новых силовых трансформаторов предусматривает строительство новых ПС и реконструкцию существующих для обслуживания нагрузки на весь период перспективного развития (рис. 4б).

Структура ввода элементов ЭЭС РТ на период 2015–2039 гг., каждый из которых имеет свою функциональную значимость, представлена на рис. 5.

Как видно из рис. 5, большая часть вводимых объектов будет предназначена для выдачи мощности от электростанций и экспорта электроэнергии в соседние страны. С учетом намеченных вводов и модернизации электросетевого оборудования протяженность электрической сети к 2039 г. возрастет до 1641 км, трансформаторная мощность на подстанциях увеличится до 508,6 тыс. МВА, мощно-

Таблица 4

Перспективные проекты строительства ЭС в ЭЭС РТ

№ п/п	Названия ЭС	Установленная мощность МВт		Напряжение РУ, кВ
		Кол-во агрегатов	Общая мощность	
1	ГЭС Рогун	6	3600	765/500/220
2	ГЭС Шураб	4	850	500/220/110
3	ГЭС Нуробод-1	3	200	220
4	ГЭС Нуробод-2	2	160	220
5	ГЭС Зеравшанский	2	170	220/110
6	ГЭС Фондаря	5	135	220
8	ГЭС Санобад	1	200	220
9	ГЭС Нурек 2	4	100	220
7	ТЭЦ Айни	2	160	220
10	ГЭС Яван	4	126	220
11	ТЭЦ Фон-Ягноб	2	700	500/220
12	Малые и микроГЭС	–	65	10/0,4
13	ВЭИ	–	10	10/0,4
	Всего		6476	

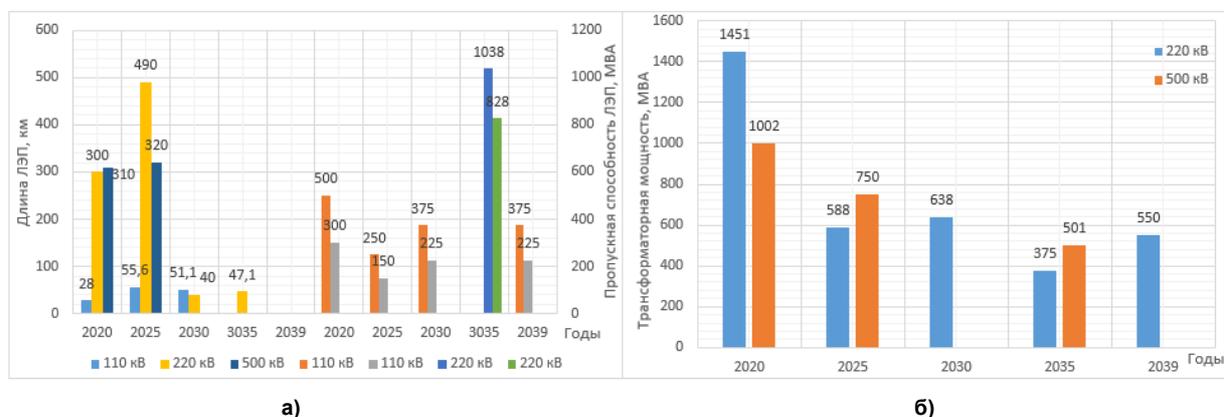


Рис. 4. Расширение ЭЭС РТ на период 2015–2039 гг.: а – ввод в эксплуатацию и увеличение пропускной способности ЛЭП 110–500 кВ; б – ввод трансформаторной мощности



Рис. 5. Структура ввода основных элементов напряжением 110–500 кВ по ЭЭС РТ на период 2015–2039 гг. по функциональной значимости

сти электрических станции – на 12 059 МВт, а экспорт электроэнергии в 2039 г. возрастает до 3200 МВт.

Развитие ЭЭС РТ способствует росту экономики страны, а также росту электрических нагрузок с соответствующим увеличением генерирующих мощностей, что приводит к росту токов КЗ, особенно в тех регионах, которые имеют высокую плотность потребителей электроэнергии и ЭС. К сожалению, в перспективных планах развития, модернизации и замены электрооборудования предусмотрена только часть энергосистемы. Поэтому согласно РД 34.20.175-76 [2] при вводе и замене электрооборудования рекомендуется проверять электродинамическую стойкость и отключающую способность токами КЗ, особенно тех ВВ, которые могут быть неспособны отключать токи КЗ в настоящее время и в перспективе развития. Также требуется поиск путей решения проблемы, связанной с координации уровней токов КЗ в ЭЭС РТ.

### Выводы

1. Анализ технического состояния электрооборудования с точки зрения непрерывности работы и обеспечения надежности показывает, что его большая часть, около 70 %, работает дольше нормативных сроков. ЛЭП ЭЭС РТ находятся в следующем техническом состоянии: 18 115 км (28,3 %) – в хорошем, 32 887,04 км (51,9 %) – в удовлетворительном, 12 263,1 км (19,8 %) – в неудовлетворительном. По сравнению с ЛЭП электрооборудование, установленное на ЭС и ПС, находится в более опасном состоянии. Доля работающих дольше своих нормативных сроков, установленных заводами-изготовителями, силовых

трансформаторов – 78 %, ВВ – 56 %, синхронных генераторов – 70 %.

2. Средний прирост электрической нагрузки к 2039 г. прогнозируется почти на 21963 ГВт·ч, что на 17 290 ГВт·ч выше, чем в 2015 г. Нагрузка увеличится с 4179 МВт в 2015 г. до 7468 МВт к 2039 г. При реализации запланированных проектов по модернизации и вводам новых генераторов, общая установленная мощность ЭС возрастет с 5647 до 12 059 МВт. При развитии электрических сетей запланирован ввод ЛЭП суммарной протяженностью 1641 км и трансформаторной мощности 5855 МВА.

3. Некоторые актуальные вопросы, связанные с созданием единой энергосистемы и обеспечением энергетической независимости во все времена года, уже решены после ввода в эксплуатацию новых ЭС и ЛЭП в годы независимости страны. В перспективных планах предусмотрены замена и ввод нового электрооборудования и ожидается, что Таджикистан в перспективе станет главным экспортом электроэнергии в соседние страны. Кроме того, возобновились вопросы соединения Таджикистана с ЦАЭС. Однако острым остается вопрос обеспечения соответствия электрооборудования уровням токов КЗ, поскольку увеличивается концентрация узлов генерации, переток мощности через ЛЭП по основной энергосистеме и по трансграничным ЛЭП, проходящим через территорию РТ. В настоящее время исследования по этим вопросам не проводились, поэтому рекомендуется проверить электродинамическую стойкость силовых трансформаторов и отключающую способность ВВ по токам КЗ в существующей ЭЭС РТ с учетом перспективы ее развития.

### Литература

1. Таджикистан: углубленный обзор энергоэффективности / Секретариат Энергетической Хартии. – Boulevard de la Woluwe, 56. B-1200 Brussels, Belgium. – 2013.
2. Постановление Правительства Республики Таджикистан от 2 февраля 2009 года № 73 «Долгосрочная программа строительства малых электростанций на период 2009–2020 годов».
3. Постановление Маджлиси намояндагон Маджлиси Оли Республики Таджикистан от 28 декабря 2016 года № 678 «Программа среднесрочного развития Республики Таджикистан на 2016–2020 годы».
4. Постановление Правительства Республики Таджикистан от 29 мая 2010 года № 280 «План мероприятий по реализации приоритетных проектов в энергетической отрасли Республики Таджикистан на 2010–2015 гг.».
5. Официальный сайт ОАХК «Барки Точик». – <http://www.barqitjik.tj> (дата обращения: 10.10.2019).
6. Табаров, Н.Х. Состояние электрических сетей Республики Таджикистан / Н.Х. Табаров // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2019. – Т. 19, № 2. – С. 62–68. DOI: 10.14529/power190207.
7. Официальный сайт Министерства энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан. – [http://www.mewr.gov.tj/?page\\_id=61&lang=ru](http://www.mewr.gov.tj/?page_id=61&lang=ru) (дата обращения: 10.10.2019).
8. Таваров, С.Ш. Состояние электротехнического оборудования в городских электрических сетях г. Душанбе ОАХК «Барки Точик» / С.Ш. Таваров, Г.Х. Маджидов, Э.А. Фирдавс // Электробезопасность. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ. – 2016. – № 2. – С. 4–12.
9. Технический годовой отчет по использованию силовых трансформаторов, эксплуатирующихся на электрических подстанциях ОАХК «Барки Точик» по состоянию на 11.11.2018 г.
10. Чоршанбиев, С.Р. Анализ выработки, передачи и потребления электрической энергии в национальной энергетической компании ОАХК «Барки Точик» Республики Таджикистан / С.Р. Чоршанбиев, Г.В. Шведов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2018. – № 4 (44). – С. 27–35.
11. АБР – ТА 7558 – Центрально-Азиатское региональное экономическое сотрудничество: генеральный план регионального сотрудничества в сфере энергетики. Заключительный отчет. Генеральный план. – Сентябрь 2012 г.
12. Кариас, А. Таджикистан: генеральный план развития энергетического сектора. Заключительный отчет. Региональный проект по передаче электроэнергии улучшение операционной деятельности сектора / А. Кариас, Г. Лиан, Амал Мани. – Грант АБР № 0213 ТА. – Т. 1. – Февраль 2017 г. – 253 с.
13. Кариас, А. Таджикистан: генеральный план развития энергетического сектора. Заключительный отчет. Региональный проект по передаче электроэнергии улучшение операционной деятельности сектора / А. Кариас, Г. Лиан, Амал Мани. – Грант АБР № 0213 ТА. – Т. 2. – Февраль 2017 г. – 285 с.
14. Проект по передаче и торговле электроэнергией Центральная Азия – Южная Азия (CASA-1000). Серия заключительный отчет. Окончательный. Выпуск подразделение передачи и распределения. Коллектив авт. – SNC-Lavalin International Inc. – Февраль 2011 г.
15. СО 153-34.20.118-2003. Методические рекомендации по проектированию развития энергосистем. Утверждены приказом Минэнерго России от 30.06.03 № 281.
16. РД 34.20.175-76. Указания по ограничению токов короткого замыкания в сетях напряжением 110 кВ и выше. Утверждены Министерством энергетики и электрификации СССР 17.04.1975.

**Гусев Юрий Павлович**, канд. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Электрические станции», Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва; GusevYP@mail.ru.

**Каюмов Алишер Гафурджонович**, аспирант кафедры «Электрические станции», Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва; Kayumov\_AG@mail.ru.

*Поступила в редакцию 5 февраля 2020 г.*

## REVIEW OF THE TECHNICAL CONDITION OF ELECTRICAL EQUIPMENT IN THE DEVELOPING ENERGY SYSTEM OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

*Yu.P. Gusev, Kayumov\_AG@mail.ru,*

*A.G. Kayumov, GusevYP@mail.ru*

*National Research University "MPEI", Moscow, Russian Federation*

The paper analyses the technical condition of the electrical equipment currently installed at the power plants and substations in the electric power system of the Republic of Tajikistan (EPS RT) with account to the system development prospects. Each of the EPS RT elements is considered separately, their service life as well as their quality condition are estimated. It is shown that as far as the 0.4–500 kV power lines are concerned, 18115 km (28.7 %) are in good condition, 32887 km (52.1 %) are in satisfactory condition, 12263 km (19.8 %) are in unsatisfactory condition. The paper also identifies the share of electrical equipment operating outside the standard service life, i.e. 78 % power transformers, 56 % high-voltage circuit breakers (HVCB), 70 % synchronous generators. It also analyzes the structure of system changes and the commissioning of the EPS RT basic units with a voltage of 110–500 kV in 2015–2039. When the power systems of the neighboring countries are connected to the EPS RT the levels of short-circuit currents (SCC) increase. The operation of worn-out equipment can cause numerous accidents, therefore, it is recommended to replace them with new equipment types, as well as continue the SCC coordination, checking the electrodynamic stability of power transformers, based on the HVCB breaking capacity.

*Keywords: technical condition of electrical equipment, electric power system, short circuit.*

### References

1. *Tajikistan: uglublennyy obzor energoeffektivnosti* [In-depth Energy Efficiency Review]. Energy Charter Secretariat. Boulevard de la Woluwe, 56. B-1200 Brussels, Belgium, 2013.
2. *Postanovleniye Pravitel'stva Respubliki Tadjikistan ot 2 fevralya 2009 goda N 73 "Dolgosrochnaya programma stroitel'stva mal'kikh elektrostantsiy na period 2009–2020 godov"* [Approved by the Decree of the Government of the Republic of Tajikistan on February 2, 2009, no. 73 "The long-term program for the construction of small power plants for the period 2009–2020"].
3. *Postanovleniye Madzhlisi namoyandagon Madzhlisi Oli Respubliki Tadjikistan ot 28 dekabrya 2016 goda N 678 "Programma srednesrochnogo razvitiya Respubliki Tadjikistan na 2016–2020 gody"* [Approved by the resolution of the Majlisi Namoyandagon of the Majlisi Oli of the Republic of Tajikistan on December 28, 2016, no. 678 "The medium-term development program of the Republic of Tajikistan for 2016–2020"].
4. *Postanovleniye Pravitel'stva Respubliki Tadjikistan ot 29 maya 2010 goda N 280 "Plan meropriyatiy po realizatsii prioritnykh proyektov v energeticheskoy otrasli Respubliki Tadjikistan na 2010–2015 gg."* [Decree of the Government of the Tajikistan Republic dated May 29, 2010 No. 280 "Plan of measures for the implementation of priority projects in the energy sector of the Tajikistan Republic for 2010–2015."].
5. Official website of OAHK "Barki Tajik". Available at: <http://www.barqitajik.tj> (accessed: 10.10.2019).
6. Tabarov, N.Kh. The state of electric networks of the Republic of Tajikistan. *Bulletin of South Ural State University. Ser. "Energy"*, 2019, vol. 19, no. 2, pp. 62–68. DOI: 10.14529 / power190207
7. Official website of the Ministry of Energy and Water Resources of the Republic of Tajikistan. Available at: [http://www.mewr.gov.tj/?page\\_id=61&lang=ru](http://www.mewr.gov.tj/?page_id=61&lang=ru) (accessed: 10.10.2019).
8. Tavarov S.Sh., Majidov G.Kh., Firdavs E.A. [State of electrical equipment in urban electrical networks of Dushanbe OAHK "Barki Tajik"]. *Elektrobezopasnost' [ELectrical Safety]*. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2016, no. 2, pp. 4–12. (in Russ.)
9. *Tekhnicheskij godovoy otchet po ispol'zovaniyu silovykh transformatorov, ekspluatiruyushchikhsya na elektricheskikh podstantsiyakh OAKHK "Barki Tochik" po sostoyaniyu na 11.11.2018 g.* [Technical annual report on the use of power transformers operating at electrical substations of Barki Tojik OAHK as of 11.11.2018].
10. Chorshanbiev S.R., Shvedov G.V. Analysis of generation, transmission and consumption of electric energy in the national energy company OAHK "Barki Tajik" of the Republic of Tajikistan. *Polytechnic Bulletin. Series: Engineering Research*, 2018, no. 4 (44), pp. 27–35. (in Russ.)
11. ADB – TA 7558 – Central Asian Regional Economic Cooperation: Master Plan for Regional Energy Cooperation. Final report. Master Plan September 2012.

12. Karias A., Lian G., Amal Mani. Tajikistan Energy Sector Master Plan – Final Report. Regional project for electric power transmission improving operational activities of the sector. ADB Grant, no. 0213 TAJ, vol. 1, February 2017. 253 p.

13. Karias A., Lian G., Amal Mani. Tajikistan Energy Sector Master Plan – Final Report. Regional project for electric power transmission improving operational activities of the sector. ADB Grant, no. 0213 TAJ, vol. 2, February 2017. 285 p.

14. Central Asia – South Asia Electricity Transmission and Trade Project (CASA-1000). Series final report. Final. Release unit transfer and distribution. Team Auth. SNC-Lavalin International Inc, February 2011.

15. SO 153-34.20.118-2003. *Metodicheskiye rekomendatsii po proyektirovaniyu razvitiya energosistem. Uтверждены приказом Минэнерго России от 30.06.03 N 281* [Guidelines for designing the development of energy systems].

16. RD 34.20.175-76. *Ukazaniya po ogranicheniyu tokov korotkogo замыкания v setyakh napryazheniyem 110 kV i vyshe. Uтверждены Министерством энергетики и электрификации СССР 17.04.1975* [Guidelines for limiting short circuit currents in networks of 110 kV and higher].

*Received 5 February 2020*

---

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Гусев, Ю.П. Обзор технического состояния электрооборудования в развивающейся энергосистеме Республики Таджикистан / Ю.П. Гусев, А.Г. Каюмов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2020. – Т. 20, № 1. – С. 76–84. DOI: 10.14529/power200109

### FOR CITATION

Gusev Yu.P., Kayumov A.G. Review of the Technical Condition of Electrical Equipment in the Developing Energy System of the Republic of Tajikistan. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering*, 2020, vol. 20, no. 1, pp. 76–84. (in Russ.) DOI: 10.14529/power200109