



ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПС 110/10КВ «БЕРЕГОВАЯ»  
(ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СТАДИОНА ФИФА)  
НА РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЭНЕРГОРАЙОНА  
КАЛИНИНГРАДСКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Н. И. Вытнова, студентка,  
nadezhda-vytnova@yandex.ru

А.Ю. Никишин, канд. техн. наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»

В список городов, которые примут матчи чемпионата мира, включены одиннадцать городов России, в том числе и Калининград. Цель работы – оценка надежности электроснабжения объектов чемпионата и, в случае необходимости, разработка рекомендаций для ее повышения.

*подстанция, ЛЭП, надежность электроснабжения, аварийные режимы работы энергосистемы*

Калининград входит в список городов, которые примут матчи Чемпионата Мира по футболу в 2018 г. Для электроснабжения стадиона проведения матчей предусматривается строительство ПС 110/10 кВ Береговая мощностью 15,8 МВт [1].

Целью работы является проверка надежности электроснабжения центрального энергорайона г. Калининграда в аварийных режимах работы после ввода в эксплуатацию ПС «Береговая».

Основная электрическая сеть энергосистемы Калининградской области сформирована линиями электропередачи с номинальным напряжением 60–110–330 кВ. Схема электрических соединений объектов электроэнергетики Калининградской области приведена на рис. 1.

В программе RastrWin была разработана модель электроснабжения центрального энергорайона (в котором планируется сооружение ПС «Береговая») Калининградской области. При разработке модели в качестве нагрузочных узлов напряжением 330 кВ были взяты шины 330 кВ ПС 330 кВ О-1 Центральная, ПС 330 кВ Советск, ПС 330 кВ Северная и шины 330 кВ Калининградской ТЭЦ-2, а в качестве нагрузочных узлов напряжением 110 кВ – ПС 110/10 кВ центрального энергорайона, а также шины 110 кВ ПС 330 кВ Советск, ПС 330 кВ О-1 Центральная, ПС 330 кВ Северная. Данные о нагрузках на шины 110 кВ ПС 110/10 кВ и ПС 330 кВ предоставлены Филиалом ОАО «СО ЕЭС» Балтийское РДУ. В качестве ветвей были приняты ЛЭП напряжением 110 кВ и 330 кВ. Расчет сопротивлений ЛЭП 110 кВ и 330 кВ проводился с помощью сведений о марках проводов линий и общей протяженности линий [2]. Эти сведения указаны на рис. 1.

На рис. 2 представлена разработанная схема электроснабжения центрального энергорайона напряжением 110 кВ и 330 кВ.

С использованием расчетных модулей программного комплекса RastrWin был осуществлен расчет двух характерных режимов – зимнего режима максимального потребления и летнего режима минимального потребления.

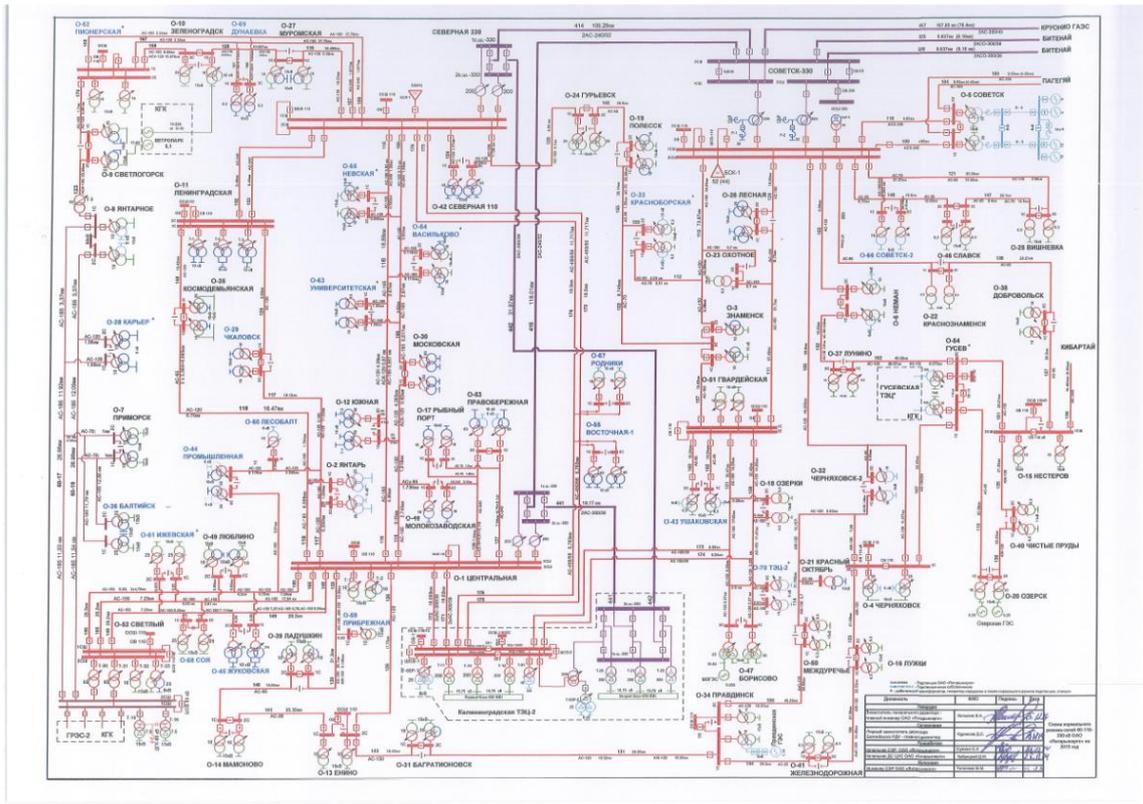


Рисунок 1 – Схема электрических соединений объектов электроэнергетики Калининградской области

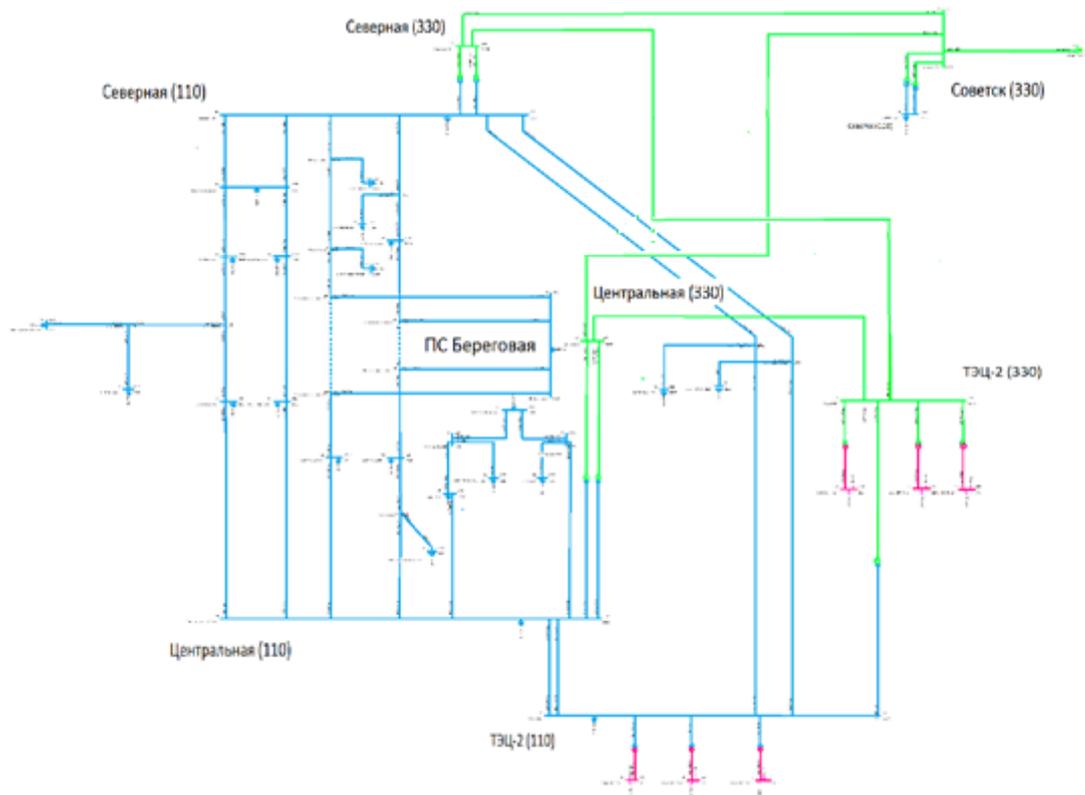


Рисунок 2 – Схема электроснабжения центрального энергорайона г. Калининграда

Верификация модели проводилась по расчетным данным двух характерных режимов по двум критериям – по напряжению и по перетокам мощности в заданных узлах.

В табл. 1 показана разница между расчетным значением напряжения в узлах модели и режимным значением напряжения по данным БРДУ в процентах. Разница по напряжению не превышает 0,4 %.

В табл. 2 показана разница между расчетным значением перетоков мощности в ветвях модели в процентах и режимным значением перетоков мощности по данным БРДУ. Разница по расчетным значениям перетоков мощности не превышает 0,87 %.

Таблица 1 – Верификация модели по напряжению

Узел	Разница между режимным значением по данным БРДУ и расчетным значением упрощенной схемы в режиме максимального потребления, %	Разница между режимным значением по данным БРДУ и расчетным значением упрощенной схемы в режиме минимального потребления, %
ПС Северная 330	0,08	0,31
ПС Советск 330	0,08	0,32
ТЭЦ-2 330	0,09	0,30
Центральная 330	0,09	0,31
Северная 110	0,12	0,31
Центральная 110	0,25	0,16
Советск 110	0,03	0,40

Таблица 2 – Верификация модели по перетокам мощности

Узел	Разница между режимным значением по данным БРДУ и расчетным значением упрощенной схемы в режиме максимального потребления, %	Разница между режимным значением по данным БРДУ и расчетным значением упрощенной схемы в режиме минимального потребления, %
<b>ПС Северная 330</b>		
Л-414	0,76	0,45
Л-442	0,59	0,82
<b>ПС Советск 330</b>		
Л-414	0,87	0,45
Л-415	0,00	0,11
Советск-Литва	0,62	0,28
<b>ПС Центральная 330</b>		
Л-415	0,00	0,14
Л-441	0,04	0,23
<b>ТЭЦ-2 330</b>		
Л-441	0,04	0,23
Л-442	0,32	0,52

Исходя из данных табл. 1 и 2, можно сделать вывод о том, что полученная модель электроэнергетической системы Калининградской области напряжением 110 кВ и 330 кВ эквивалентна схеме ЭЭС КО и может быть использована для дальнейших исследований.

Для получения характеристики надежности электроснабжения центрального энерго-района необходимо провести анализ аварийных режимов работы энергосистемы [3].

Для расчетов аварийных режимов были использованы данные нагрузок в зимний период максимального потребления. Для расчета допустимого тока в зимний период темпера-

тура наружного воздуха была принята в соответствии с рекомендациями ПУЭ равной +5 °С [4].

В работе был рассмотрен следующий вариант присоединения ПС Береговая к энергосистеме Калининградской области – заход 2 КЛ 110 кВ от ПС 110/10 кВ Береговая на ВЛ 110 кВ Центральная-Московская (Л-115) и 2 КЛ 110 кВ от ПС 110/10 кВ Береговая на ВЛ 110 кВ Центральная-Северная (Л-116). Однолинейная схема присоединения к электрической сети 110 кВ ПС 110/10 кВ Береговая показана на рис. 3.

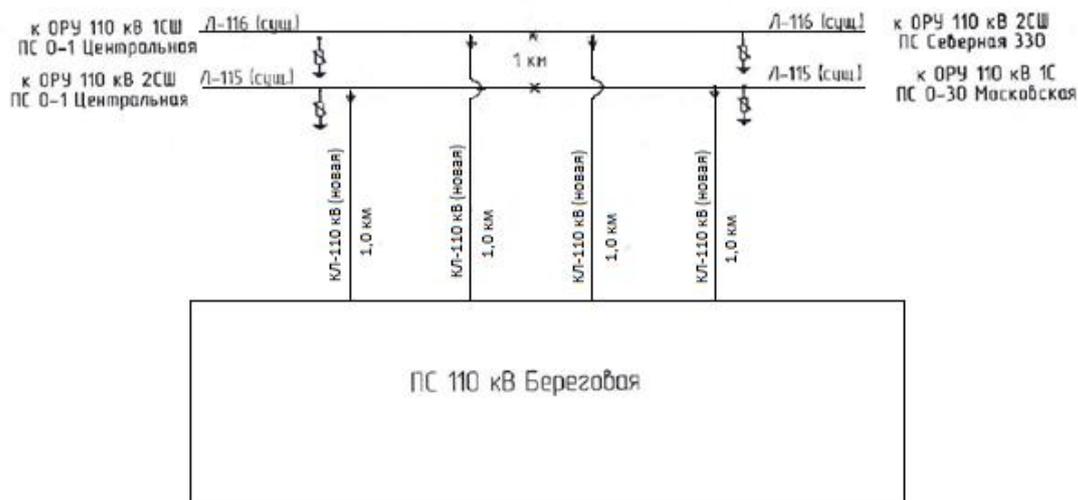


Рисунок 3 – Однолинейная схема присоединения к электрической сети 110 кВ ПС 110/10 кВ Береговая

Используя макрос вариантных расчетов программного комплекса RastrWin, был проведен расчет возможных аварийных режимов работы Калининградской энергосистемы после ввода в эксплуатацию ПС 110/10 кВ Береговая. Режимы были получены путем отключения определенных ветвей в разных комбинациях по критериям (n-1) и (n-2).

В табл. 3 показаны некоторые аварийные режимы, в которых по участку линии 115 (а именно по участку от ПС О-30 Московская до ПС О-12 Южная) протекают токи, превышающие допустимые значения.

Таблица 3 – Значения токовой загрузки участка линии 115 (О-30 Московская – О-12 Южная) в аварийных режимах по критерию (n-2)

Режим	Расчетный ток, А	Токовая нагрузка по отношению к допустимому току, %
Нормальная схема	129	40,3
Ремонт: Советск 330 – Северная 330 Отключение: Северная (110) – О-64 отпайка	336	105
Ремонт: Советск 330 – Центральная Отключение: ТЭЦ-2 330 – Северная 330	436	137
Ремонт: Северная (110) – О-64 отпайка Отключение: О-48 отпайка – О-1 Центральная (110)	337	106
Ремонт: О-2 Янтарь 2СШ – О-1 Центральная (110) Отключение: Северная (110) – О-64 отпайка	335	105

Анализ результатов расчетов режимов работы Калининградской энергосистемы после ввода в эксплуатацию ПС 110/10 кВ Береговая показал, что в ряде аварийных режимов в зимний период максимальных нагрузок при отключении одной или двух линий по элементам сети 110 кВ в зоне проведения чемпионата мира по футболу в г. Калининграде (а именно, в линиях № 115, 166, 116, 175, 176) протекают токи с превышением предельно допустимых значений.

Для разработки мер для повышения надежности схемы электроснабжения города Калининграда потребуется проведение расширенных исследований. Одним из возможных вариантов устранения проблемы следует считать увеличение сечений проводов перегруженных линий 110 кВ. Но такой вариант также требует всесторонней проверки. Таким образом, в дальнейшем будут разработаны рекомендации, с помощью которых в аварийных режимах работы энергосистемы надежность электроснабжения объектов чемпионата мира будет соответствовать требованиям.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Схема и программа перспективного развития электроэнергетики Калининградской области на 2014–2019 годы. – Москва, 2014. – 252 с.
2. Гайсаров, Р.В. Справочник по высоковольтному оборудованию электроустановок №2 (2004) / Р.В. Гайсаров. – Челябинск: ЮУрГУ, 1999. – 24 с.
3. Костин, В.Н. Электропитающие системы и электрические сети / В.Н. Костин. – Санкт-Петербург: Изд-во СЗТУ, 2007. – 154 с.
4. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), изд. 6, 2016 г.

#### RESEARCH OF THE EFFECT OF SUBSTATION 110/10KV BEREGOVAYA" (POWER SUPPLY FOR FIFA STADIUM) ON OPERATION MODES OF THE CENTRAL ENERGY DISTRICT OF THE KALININGRAD ENERGY SYSTEM

N.I. Vytnova, student,  
nadezhda-vytnova@yandex.ru

A.Yu. Nikishin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
FGBOU VO “Kaliningrad State Technical University”

There are eleven cities in Russia, which will host FIFA World Cup 2018, including Kaliningrad. The aim of this research is to assess the reliability of power supply of objects for World Cup and, if it is necessary, develop recommendations for its improvement.

*substation, transmission line, supply reliability, emergency modes of operation of the power system*