

УДК 621.316.11

**АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ СЕЗОННЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ НАГРУЗОК***Р. А. Галстян<sup>1</sup>, А. А. Удовидченко<sup>2</sup>, К. А. Смагин<sup>3</sup>, М. А. Антонов<sup>4</sup>, Д. П. Бородина<sup>5</sup>*<sup>1,3,4,5</sup>Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)<sup>2</sup>Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ (г. Зерноград, Российская Федерация)

В статье рассмотрены сезонные графики нагрузки потребления электроэнергии на примере электрической сети 110 кВ. С помощью программы RastrWin 3 рассчитаны потери электроэнергии летом и зимой.

**Ключевые слова:** электрическая сеть, напряжение, подстанция, мощность, график нагрузки, компьютерная модель, баланс электроэнергии.

UDC 621.316.11

**ANALYSIS OF POWER LOSSES DURING SEASONAL LOAD CHANGES***R. A. Galstyan<sup>1</sup>, A. A. Udovidchenko<sup>2</sup>, K. A. Smagin<sup>3</sup>, M. A. Antonov<sup>4</sup>, D. P. Borodina<sup>5</sup>*<sup>1,3,4,5</sup>Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)<sup>2</sup>Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FSBEI HE «Don State Agrarian University» (Zernograd, Russian Federation)

This article discusses seasonal graphs of electricity consumption loads on the example of an electric network of 110 kV, and calculates the loss of electricity in summer and winter in the RastrWin 3 program.

**Keywords:** electric network, voltage, substation, power, load schedules, computer model, electric power balance.

**Введение.** Передача и распределение электрической энергии, ее транспортировка от электростанции до потребителей сопровождаются потерями мощности и объема. Данные потери связаны с физической сущностью процесса передачи электрической энергии. Потери электроэнергии наряду с ее расходом на производственные нужды подстанций рассматриваются как технологический расход энергии на ее передачу. Электрическая энергия — это единственный энергоноситель, расходующийся на собственную передачу, сопровождаемую нагреванием токоведущих элементов сетей. В этой связи при эксплуатации электрических сетей необходимы определение, анализ, планирование потерь мощности и электроэнергии и их снижения [1], что следует учитывать при проектировании соответствующих объектов.

На примере электрической сети 110 кВ проанализируем влияние сезонных изменений нагрузок у потребителя на потери электроэнергии. Принципиальная электрическая схема представлена на рис. 1, схема замещения — на рис. 2.

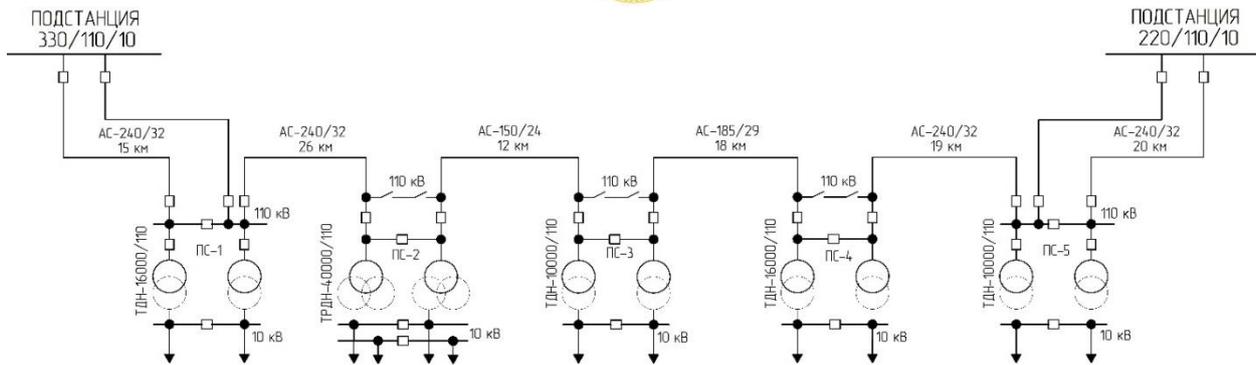


Рис. 1. Схема электрической сети 110 кВ

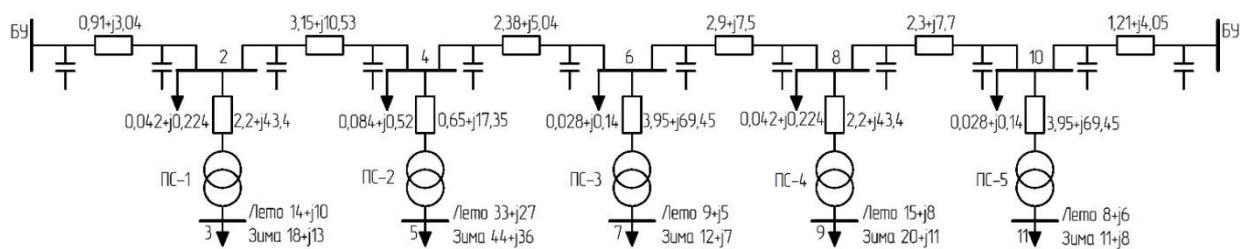


Рис. 2. Схема замещения электрической сети 110 кВ

20 июня и 20 декабря производятся контрольные суточные замеры потребления электроэнергии с помощью автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) на транзитных подстанциях. При этом можно построить суточные летние и зимние графики нагрузок (рис. 3 и 4).

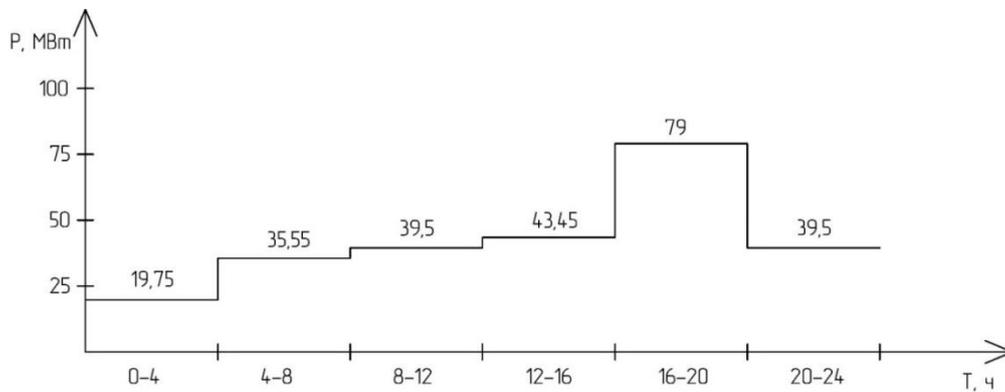


Рис. 3. Суточный летний график нагрузки

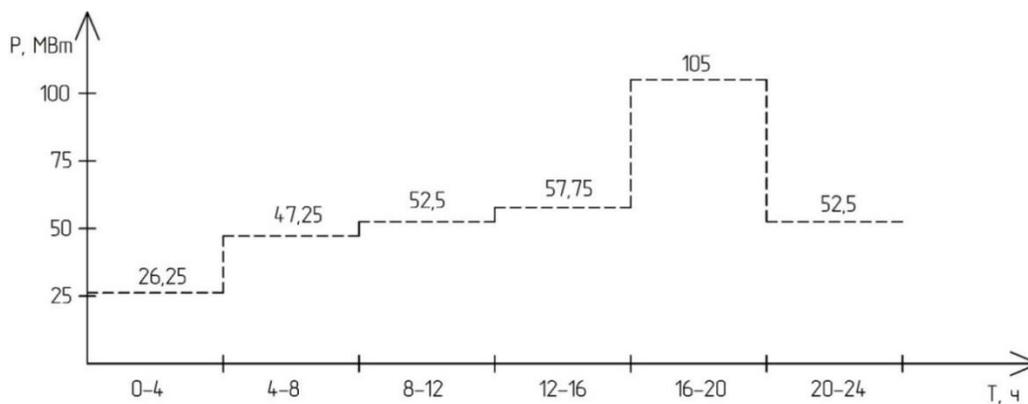


Рис. 4. Суточный зимний график нагрузки

Максимальное потребление электроэнергии приходится на период с 16 до 20 часов. Уровень потребления в зимний период возрастает на 25 %, вследствие чего увеличиваются потери в сети.

Используя программу RastrWin 3, рассчитаем потери электроэнергии при сезонных изменениях нагрузок. Для этого составим две компьютерные модели (при летних и зимних нагрузках). Вычислим сопротивления всех участвующих элементов сети. Расчетные величины приведены на рис. 2. Далее выполним расчет нормально максимального режима при летних и зимних нагрузках. Результаты установившегося режима представлены в табл. 1 и 2 [2]. Цифрами от 1 до 11 обозначены номера узлов (их названия приводятся в соответствующей колонке). Здесь же ЭС — энергосистема;  $U_{\text{ном}}$  — номинальное напряжение сети;  $P_{\text{н}}$  и  $Q_{\text{н}}$  — подключаемая нагрузка соответственно активной и реактивной мощности;  $P_{\text{г}}$  и  $Q_{\text{г}}$  — генерация соответственно активной и реактивной мощности;  $V$  — расчетное напряжение; Delta — угол сдвига фаз.

Таблица 1

Результаты расчета установившегося режима при летних нагрузках

№	Название	$U_{\text{ном}}$	$P_{\text{н}}$	$Q_{\text{н}}$	$P_{\text{г}}$	$Q_{\text{г}}$	$V$	Delta
1	ЭС	110			80,6	61,8	115	
2	ПС-1 ВН	110	0,042	0,224			113,68	-0,45
4	ПС-2 ВН	110	0,084	0,52			110,46	-1,54
6	ПС-3 ВН	110	0,028	0,14			110,77	-1,53
8	ПС-4 ВН	110	0,042	0,224			111,8	-1,24
10	ПС-5 ВН	110	0,028	0,14			113,7	-0,5
3	ПС-1 НН	10	14	10			10,49	-3,15
5	ПС-2 НН	10	33	27			10,15	-4,27
7	ПС-3 НН	10	9	5			10,28	-4,45
9	ПС-4 НН	10	15	8			10,38	-4,25
11	ПС-5 НН	10	8	6			10,51	-2,94

Таблица 2

Результаты расчета установившегося режима при зимних нагрузках

№	Название	$U_{\text{ном}}$	$P_{\text{н}}$	$Q_{\text{н}}$	$P_{\text{г}}$	$Q_{\text{г}}$	$V$	Delta
1	ЭС	110			107,8	89,6	115	
2	ПС-1 ВН	110	0,042	0,224			113,15	-0,59
4	ПС-2 ВН	110	0,084	0,52			108,6	-2,05
6	ПС-3 ВН	110	0,028	0,14			109	-2,03
8	ПС-4 ВН	110	0,042	0,224			110,45	-1,65
10	ПС-5 ВН	110	0,028	0,14			113,15	-0,66
3	ПС-1 НН	10	18	13			10,3	-4,14
5	ПС-2 НН	10	44	36			9,79	-5,88
7	ПС-3 НН	10	12	7			9,94	-6,12
9	ПС-4 НН	10	20	11			10,1	-5,82
11	ПС-5 НН	10	11	8			10,31	-4,11

Проанализировав табл. 1 и 2, можно сказать, что напряжение в узлах (10 кВ) поставки электроэнергии в соответствии с ГОСТ Р 54149-2010 [3] находится в заданном диапазоне  $\pm 10\%$ .

При расчете потерь электроэнергии примем число часов использования максимальной нагрузки — 4600, а число часов использования оборудования — 8760. Результаты расчета потерь электроэнергии сведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты расчетов потерь электроэнергии, тыс. кВт·ч

Вид потерь	Лето	Зима
Потери холостого хода трансформаторов	8654,88	8654,88
Потери на корону	55,71	55,71
Нагрузочные потери в линиях	2545,26	5414,94
Нагрузочные потери в трансформаторах	664,18	1716,58
Всего	11920,03	15842,12

Для определения уровня потерь электроэнергии необходимо сравнить их с отпуском электроэнергии в сеть [4] (табл. 4).

Таблица 4

Баланс электроэнергии в сети, тыс. кВт·ч

Составляющие баланса электроэнергии	Лето	Зима
Прием в сеть	367420,03	371342,12
Передача потребителям	355500,00	355500,00
Потери электроэнергии	11920,03	15842,12
Потери электроэнергии, %	3,24	4,27

Визуализация полученных данных представлена на рис. 5.

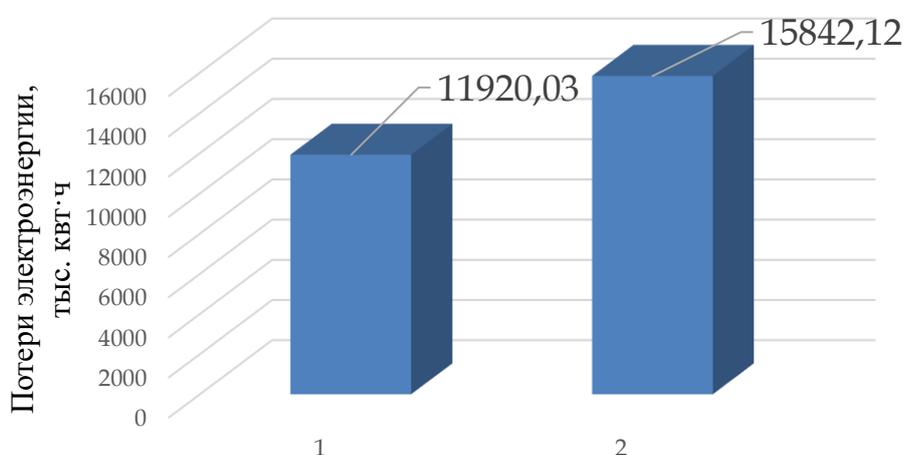


Рис. 5. Уровень потерь электроэнергии при сезонных изменениях нагрузок: 1 — лето, 2 — зима

**Заключение.** Потери электроэнергии в электрической сети 110 кВ при летних и зимних нагрузках находятся в нормированном диапазоне. В данном случае для снижения потерь электроэнергии экономически обоснованы и рекомендованы только организационные мероприятия, не требующие дополнительных капиталовложений.

**Библиографический список**

1. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. — 3-е изд., перераб. — Москва : КНОРУС, 2012. — 648 с.
2. Электрические системы и сети / Н. В. Буслова [и др.]. — Киев : Вища школа, 1986. — 584 с.
3. ГОСТ Р 54149-2010. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Электронный ресурс] / ООО «ЛИНВИТ»: Технический комитет по стандартизации ТК 30 «Электромагнитная совместимость технических средств» // Техэксперт / АО «Кодекс». — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200084639> (дата обращения 02.01.20).
4. Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям : Приказ Министерства энергетики РФ от 30 декабря 2008 г. № 326 (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс] / Министерство энергетики Российской Федерации // [garant.ru](http://garant.ru). — Режим доступа: URL:<http://base.garant.ru/195516/> (дата обращения 06.11.19).

*Об авторах:*

**Галстян Размик Арманович**, магистрант Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [galstyan.razmik2015@yandex.ru](mailto:galstyan.razmik2015@yandex.ru)

**Удовидченко Александр Александрович**, магистрант Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донского ГАУ (РФ, г. Зерноград, ул. Ленина 21), [udovidcenkoa@gmail.com](mailto:udovidcenkoa@gmail.com)

**Смагин Кирилл Александрович**, магистрант Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [s\\_k\\_a\\_97@mail.ru](mailto:s_k_a_97@mail.ru)

**Антонов Михаил Андреевич**, магистрант Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [nevada@skillet.ru](mailto:nevada@skillet.ru)

**Бородина Дарья Петровна**, магистрант Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [BDarinka@mail.ru](mailto:BDarinka@mail.ru)