

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ (05.14.02)

УДК 621.316.1

DOI: 10.24160/1993-6982-2022-1-11-18

### Развитие распределительных электрических сетей напряжением 11 и 33 кВ Республики Союз Мьянма

Йе Хтут Мьят, Г.В. Шведов

В ближайшее десятилетие в Республике Союз Мьянма прогнозируется резкое увеличение спроса на электроэнергию (примерно в три раза). Планируется подключить все домохозяйства к объединенной энергосистеме страны. Данные темпы роста электрической нагрузки потребуют, в первую очередь, значительного развития распределительных электрических сетей напряжением 11 и 33 кВ.

Приведены графики нагрузки подстанций 33 кВ. Представлены результаты первых измерений нагрузок распределительных электрических сетей 11 кВ. Исходя из графиков и результатов измерений нагрузки для исследуемой сети района Мандалай Республики Союз Мьянма выполнен анализ загрузки линий 11 и 33 кВ и трансформаторов 33/11 и 11/0,4 кВ. Существующая загрузка трансформаторов 33/11 и 11/0,4 кВ в большинстве случаев не превышает 65%, что позволяет ее удвоить, не превышая допустимую систематическую перегрузку. Линии напряжением 33 кВ также имеют не менее чем двукратный резерв по пропускной способности. У большей части линий напряжением 11 кВ запас пропускной способности не более чем 40%. Загрузка отдельных линий 11 кВ достигла предельного уровня. На основе результатов проведенного анализа определены направления развития распределительных сетей Республики Союз Мьянма.

*Ключевые слова:* график нагрузки, загрузка трансформаторов и линий электропередачи, распределительные электрические сети, Республика Союз Мьянма.

*Для цитирования:* Йе Хтут Мьят, Шведов Г.В. Развитие распределительных электрических сетей напряжением 11 и 33 кВ Республики Союз Мьянма // Вестник МЭИ. 2022. № 1. С. 11—18. DOI: 10.24160/1993-6982-2022-1-11-18.

### Development of 11 kV and 33 kV Electrical Distribution Networks in the Republic of the Union of Myanmar

Ye Htut Myat, G.V. Shvedov

A drastic (by about a factor of three) increase of electricity demand is predicted for the next decade in the Republic of the Union of Myanmar. It is planned to connect all households to the country's national power grid. These electrical load growth rates will require, first of all, a significant development of the 11 kV and 33 kV electrical distribution networks. The load curves of 33 kV substations are given. The results of the first load measurements in 11 kV electrical distribution networks are presented. Based on the load curves and load measurement results, the loading patterns of 11 kV and 33 kV power lines and 33/11 kV and 11/0.4 kV transformers were analyzed for the studied electrical networks of the Republic of Myanmar Mandalay district. In most cases, the existing load of 33/11 kV and 11/0.4 kV transformers does not exceed 65%, which allows their loading to be doubled without exceeding the permissible

systematic overload capacity. The 33 kV lines also have at least a 100% transmission capacity margin. Most of 11 kV lines have no more than 40% capacity margin. The load of some 11 kV lines has reached the maximum level. Based on the obtained analysis results, the development lines of distribution networks in the Republic of the Union of Myanmar have been determined.

*Key words:* load curve, transformer load, power line load, electrical distribution networks, Republic of the Union of Myanmar.

*For citation:* Ye Htut Myat, Shvedov G.V. Development of 11 kV and 33 kV Electrical Distribution Networks in the Republic of the Union of Myanmar. Bulletin of MPEI. 2022;1:11—18. (in Russian). DOI: 10.24160/1993-6982-2022-1-11-18.

## Введение

Республика Союз Мьянма — одна из бурно развивающихся стран, где отмечается ежегодный рост уровня электрификации населения: в 2016 г. лишь 34% от всех домохозяйств страны (общее число домохозяйств — чуть меньше 11 000 000) были электрифицированы, а в 2019 г. их число превысило 45% [1]. По генеральному плану электрификации (ГПЭ) страны до 2030 г., принятому в 2014 г., уровень электрификации населения составит: в 2020 г. — 50%, в 2025 г. — 75% и к 2030 г. — 100%.

Согласно ГПЭ, электрификация домохозяйств будет выполняться по следующим фазам [1, 2].

Первая фаза — подключение потребителей, находящихся на расстоянии до 2 миль от объединенной энергосистемы (ОЭС).

Вторая фаза — подсоединение потребителей на расстоянии от 2 до 5 миль от ОЭС.

Третья фаза — подключение на расстоянии от 5 до 10 миль от ОЭС.

Четвертая фаза — подключение на расстоянии свыше 10 миль от ОЭС.

Прогноз годового максимума электрической нагрузки Мьянмы на 2015 — 2030 гг. приведен на рис. 1 [3, 4]. Для оценки реалистичности прогноза показано фактическое значение годового максимума электрической нагрузки в 2015 — 2019 гг. Сопоставление прогнозной и фактической нагрузок показывает наличие устойчивого тренда ежегодного роста максимального потребления. Согласно ГПЭ, ежегодно рост потреб-

ления составляет 12%, фактически: в 2016 г. — 13%, 2017 г. — 8%, 2018 г. — 13%, 2019 г. — 16% [1].

Сравнив темпы электрификации домохозяйств за 2016 — 2019 гг. (около 4% в год) и рост потребления (около 12,5% в год), можно сделать вывод, что основной вклад в увеличение электропотребления в Мьянме вносит не подключение новых домохозяйств, а увеличение спроса на электроэнергию со стороны уже электрифицированных потребителей.

По мере строительства новых электрических станций идет соответствующее развитие системообразующих электрических сетей. Распределительная сеть охватывает практически все районы электроснабжения в населенных пунктах, но не все хозяйства пока подключены к ней.

Для реализации приведенных планов требуется, в первую очередь, оценить существующее состояние распределительных электрических сетей, их текущую загрузку и запасы пропускной способности.

Поскольку существующие распределительные сети населенных пунктов в Мьянме однотипны по своей структуре и похожи друг на друга, то анализ выполнен на примере отдельной схемы электрической сети района Мандалай.

## Потребление электроэнергии

В настоящее время в стране электропотребление на душу населения составляет 429 кВт·ч в год [1]. На рисунке 2 [5] даны структура электропотребления по состоянию на 2012 г. и прогноз на 2030 г., из которых



Рис. 1. Фактическая нагрузка за период 2015 — 2019 гг. и прогноз спроса электропотребления в 2015 — 2030 гг.

■, ■ — минимальное и максимальное значения; ■ — фактическая нагрузка

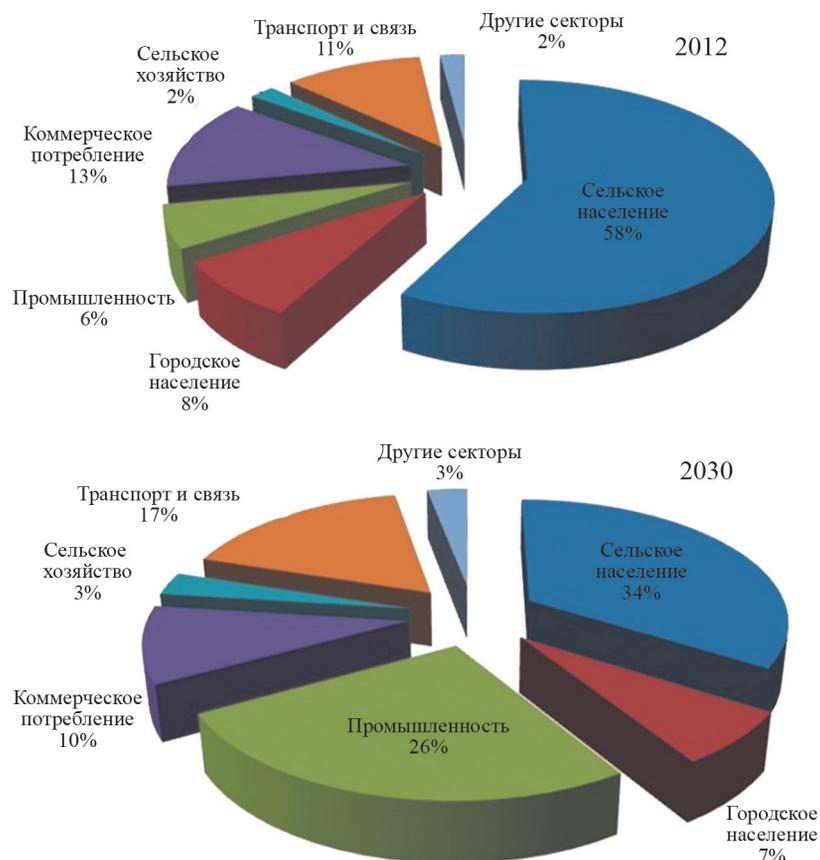


Рис. 2. Структура электропотребления в 2012 г и прогноз на 2030 г.

следует, что основное потребление приходится на население.

В стране выделяют три сезона: прохладная зима с ноября по февраль, жаркое лето с марта по середину июня и сезон дождей с конца июня по октябрь. Максимальная температура воздуха обычно достигает  $+35...+43\text{ }^{\circ}\text{C}$  в летний период,  $+20...+35\text{ }^{\circ}\text{C}$  — в дождливый период и  $+0...+10\text{ }^{\circ}\text{C}$  — в зимний период [6]. Во время жаркого сезона население длительное время использует устройства для хранения продуктов, хозяйственные и санитарно-гигиенические приборы. В сельском хозяйстве в этот сезон электроэнергия расходуется на орошение и водоснабжение сельских населенных пунктов. В сезон дождей температура воздуха понижается, что, соответственно, ведет к снижению потребления электроэнергии. Зимой в стране температура воздуха значительно падает, и уменьшается использование бытовых электроприборов, и, как следствие, электропотребление достигает годового минимума.

Годовой график электрической нагрузки района Мандалай изображен на рис. 3 [1]. Из него видно, что абсолютный годовой максимум нагрузки приходится на июнь.

Для решения поставленных задач проанализированы суточные графики нагрузки за три недели июня. Усредненный суточный график нагрузки района Мандалай в жаркий сезон приведен на рис. 4, на рис. 5

представлен усредненный суточный график ПС 33/11 кВ района Мандалай, от которой большей частью получает питание население. Несмотря на то, что графики взяты лишь за период в три недели, они все равно не получились плавными [7], что связано с очень частыми отключениями потребителей в утренние часы.

Таким образом, годовой максимум нагрузки наблюдается в вечернее время (период с 20 до 21 ч) в начале июня. Именно по этому режиму определяются загрузка электрических сетей и их пропускная способность.

#### Электрические сети Республики Союз Мьянма

Объединенная энергосистема Мьянмы включает в себя электрические сети напряжением от 0,4 до 230 кВ. Системообразующие линии воздушного исполнения напряжением 230, 132 и 66 кВ передают вырабатываемую электроэнергию от мест производства до мест потребления. Для электроснабжения городских и сельских территорий используются распределительные сети уровней напряжением 0,4, 6, 11 и 33 кВ. Питающие сети 33 кВ обычно выполнены по радиальным схемам. Сети 11 кВ — разветвленные, составленные по радиально-магистральным схемам. Электрические сети работают в разомкнутом режиме, обеспечивая только одностороннее питание потребителей [8]. Возникают частные

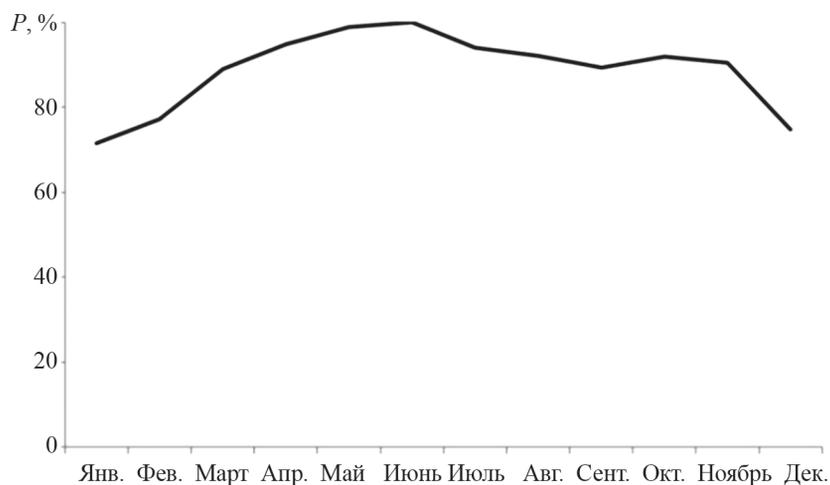


Рис. 3. Годовой график нагрузки района Мандалай

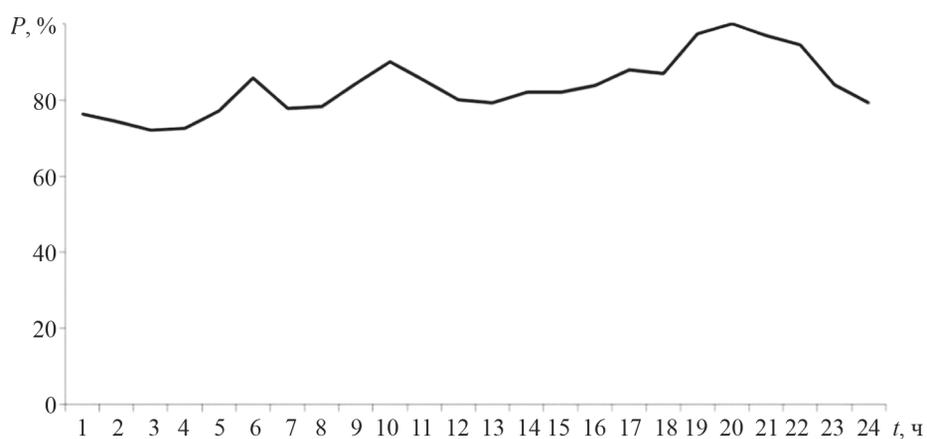


Рис. 4. Суточный график нагрузки района Мандалай

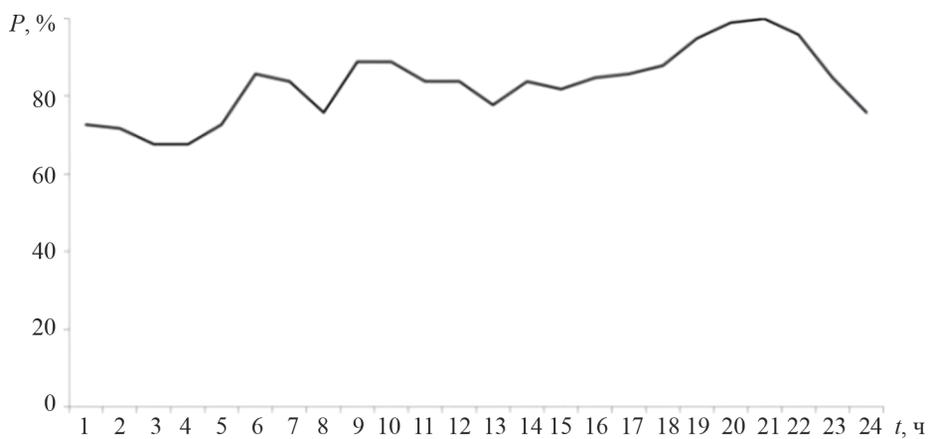


Рис. 5. Суточный график нагрузки питающей ПС 33/11 кВ

перерывы в электроснабжении потребителей [9, 10]. В системе электроснабжения для сетей 11 кВ обычно используют провода типа АСРСР сечением 50 или 95 мм<sup>2</sup>. Для сетей 33 кВ применяют провода АСРСР 120 или 150 мм<sup>2</sup> [11]. Пример схемы электрической сети напряжением 11 и 33 кВ показан на рис. 6 [12]. ПС Shwekyaunggyi 33/11 кВ получает питание от двух главных подстанций Myauk Pyin 230/33/11 кВ и Tagontaing 132/33/11 кВ. На ней установлены три трансформатора 33/11 кВ суммарной мощностью 40 МВА, работающие раздельно [13]. Характеристика фидеров 11 кВ подстанции ПС Shwekyaunggyi: количество трансформаторных подстанций 11/0,4 кВ и их суммарная установленная мощность также представлены на рис. 6.

### Анализ загрузки существующих распределительных электрических сетей

Текущее развитие распределительных сетей Мьянмы не предполагает систематического измерения нагрузок по отдельным ТП 11/0,4 кВ и фидерам 11 кВ. Распространение COVID-19 и последующие политические процессы в стране привели к невозможности получения данных по нагрузкам распределительных сетей. В таблице 1 даны результаты разового измерения нагрузки ПС Shwekyaunggyi по состоянию на 30 января 2020 г. Коэффициент мощности для нагрузки населенных пунктов принят равным 0,8 [14].

Поскольку данные измерений по максимальным нагрузкам отсутствуют, было предложено нагрузки, пред-

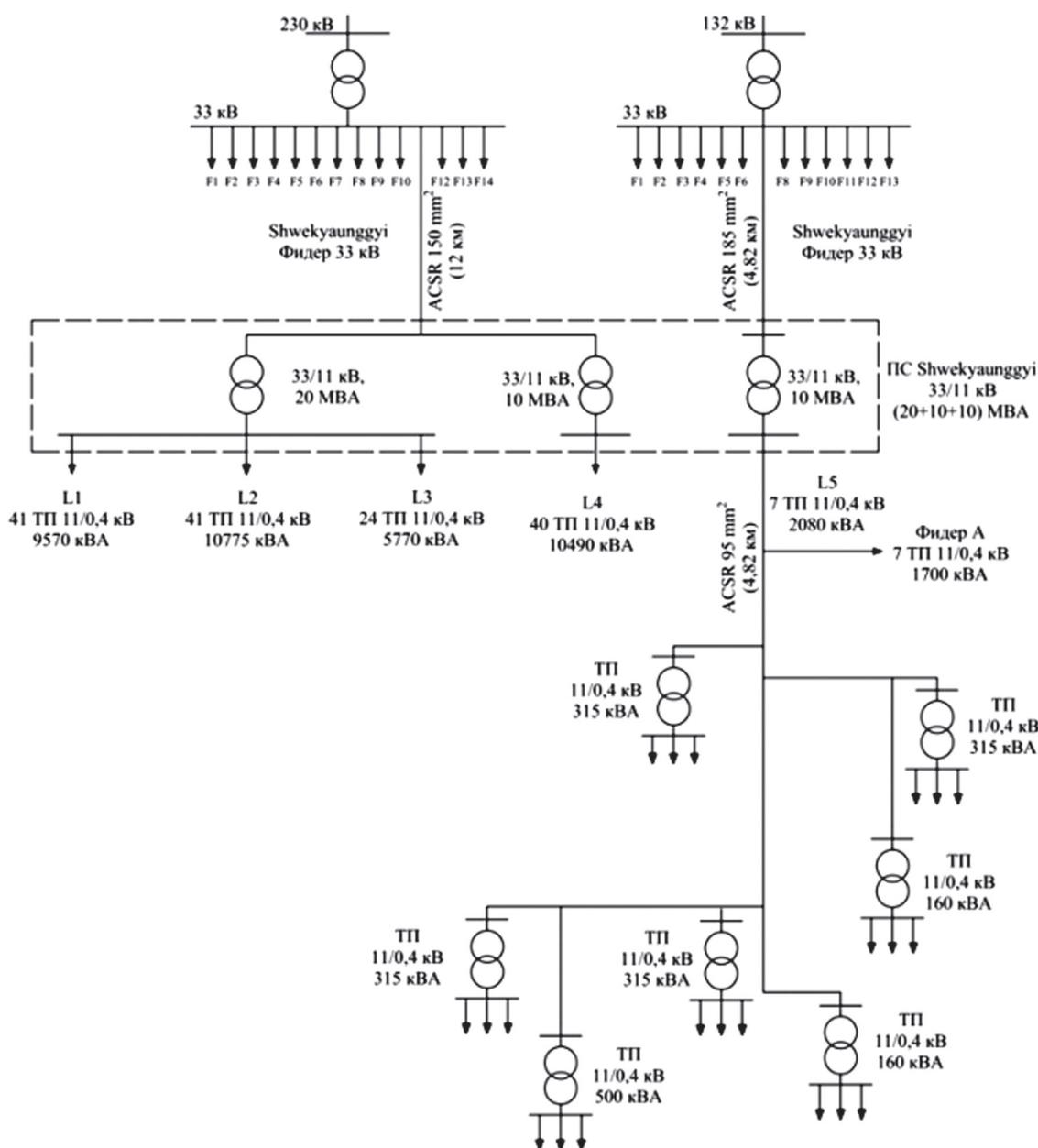


Рис. 6. Пример электрической сети ПС Shwekyaunggyi 33/11 кВ

Таблица 1

Результаты измерения нагрузки ПС Shwekyaunggyi по состоянию на 30 января 2020 г.

Параметр	Линии				
	L1	L2	L3	L4	L5
$P_{\text{нб}}, \text{МВт}$	1,66	2,15	1,4	3,38	2,23
Время замера	16.00	16.00	20.00	15.00	22.00

ставленные в табл. 1, привести ко времени годового максимума (21.00 июня месяца). Для этого по графику на рис. 3 установим, что нагрузка в январе составляет 71% от нагрузки в июне, следовательно, коэффициент пересчета нагрузки января к нагрузке июня составит 1,41. Для учета суточной неравномерности электропотребления воспользуемся графиком на рис. 5. Получим, что нагрузка в 15.00, 16.00, 20.00 и 22.00 составит, соответственно, 82, 85, 99 и 96% от нагрузки в 21.00, а коэффициент пересчета нагрузки к часам вечернего максимума будет равен 1,18, 1,01, 1,22 и 1,04. Нагрузка, приведенная к 21.00 июня, представлена в табл. 2.

Оценим загрузку трансформаторов подстанции 33/11 кВ и в среднем трансформаторов подстанций 11/0,4 кВ [15]:

$$K_3 = S_{\text{нб}} / S_{\text{т.ном}},$$

где  $S_{\text{нб}}$  — максимальная годовая нагрузка подстанции, МВА;  $S_{\text{т.ном}}$  — номинальная мощность трансформаторов подстанции, МВА.

Результаты расчета сведены в табл. 2.

Учитывая, что все подстанции в электрических сетях однострановые без резервирования, то в режиме максимальных нагрузок допускаются систематические перегрузки трансформаторов до 20...30% (при этом коэффициент их загрузки составит 1,2...1,3). Сопоставив фактические коэффициенты загрузки трансформаторов из табл. 2 с допустимыми, получим более чем двукратный запас трансформаторной мощности, что позволит без замены трансформаторов реализовать ГПЭ страны в части роста нагрузки существующих потребителей.

Таблица 2

Приведенная нагрузка к 21.00 июня

Параметр	Линии					Сумма
	L1	L2	L3	L4	L5	
$P_{\text{нб}}, \text{МВт}$	2,76	3,58	1,99	5,38	3,27	16,98
$S_{\text{нб}}, \text{МВА}$	3,45	4,48	2,49	6,73	4,09	21,24
$S_{\text{т.ном}}, \text{МВА}$	20		10	10	40	
$K_{3, \text{ПС}33/11}$	0,52		0,67	0,41	0,53	
$S_{\text{т.ном}}, \text{кВА}$ ТП 11/0,4 кВ	9570	10775	5770	10490	3780	40385
$K_{3, \text{ТП}} 11/0,4$	0,36	0,42	0,43	0,64	1,08	0,53

ющих потребителей. Только трансформаторы фидера L5 загружены близко к предельному уровню. Следует отметить, что фидер L5 в сравнении с фидерами L1 — L4 — относительно новый. Таким образом, актуальной задачей для выполнения ГПЭ становится обоснование оптимальной мощности трансформаторов 11/0,4 кВ и зоны их электроснабжения в условиях бурного роста электропотребления.

Проведем аналогичную оценку загрузки линий электропередачи рассматриваемых сетей [16]. Головные участки линии 11 кВ (рис. 6) выполнены проводами ACSR 95 мм<sup>2</sup>, для которых, согласно [17], длительно допустимый ток  $I_{\text{дл.доп}}$  составляет 330 А. Для проводов воздушных линий на основе практики эксплуатации установлено значение длительно допустимой температуры нагрева проводов  $T_{\text{дл.доп}}$ , равное 70 °С. В справочных данных для расчетной температуры нагрева проводов  $T_{\text{расч}} = 25$  °С приведены соответствующие длительно допустимые токи  $I_{\text{дл.доп}}$ , при протекании которых провод нагревается до длительно допустимой температуры [18]. В Мьянме фактическая средняя температура воздуха июня в района Мандалай  $T_{\text{факт}}$  составляет 31 °С и отличается от расчетной, поэтому фактическое значение длительно допустимого тока может быть получено по следующему выражению:

$$I'_{\text{дл.доп}} = I_{\text{дл.доп}} \sqrt{\frac{70 - T_{\text{факт}}}{70 - 25}} = 330 \sqrt{\frac{70 - 31}{70 - 25}} = 307,21.$$

Длительно допустимая мощность, соответствующая данному длительно допустимому току, составит:

$$S'_{\text{дл.доп}} = \sqrt{3} U_{\text{ном}} I'_{\text{дл.доп}} = \sqrt{3} \cdot 11 \cdot 307,21 = 5,85.$$

Выполним аналогичный расчет для сети 33 кВ с проводами ACSR 150 мм<sup>2</sup>, для которых, согласно [17], длительно допустимый ток  $I_{\text{дл.доп}}$  равен 450 А:

$$I'_{\text{дл.доп}} = I_{\text{дл.доп}} \sqrt{\frac{70 - T_{\text{факт}}}{70 - 25}} = 450 \sqrt{\frac{70 - 31}{70 - 25}} = 418,93.$$

Длительно допустимая мощность, соответствующая данному длительно допустимому току, выглядит следующим образом:

$$S'_{\text{дл.доп}} = \sqrt{3} U_{\text{ном}} I'_{\text{дл.доп}} = \sqrt{3} \cdot 33 \cdot 418,93 = 23,95.$$

Сопоставив значение длительно допустимой мощности с расчетными значениями наибольшей нагрузки головных участков фидеров L1 — L5, приведенными в табл. 2, получим, что фидер L4 уже при существующем уровне нагрузки работает с перегрузкой, у фидеров L2 и L5 запас пропускной способности составляет 35...40%. Следовательно, пропускной способности головных участков фидеров сетей 11 кВ недостаточно для реализации ГПЭ. При 100%-й загрузке трансформаторов 11/0,4 кВ в фидерах L1, L2 и L4 наблюдается двукратная перегрузка головных участков. Таким образом, для

выполнения ГПЭ в части сетей 11 кВ актуальными задачами являются оптимизация сечений головных участков фидеров, количества трансформаторов, подключаемых к одному фидеру, и сооружение разукрупняющих линий 11 кВ [12, 19, 20]. Сравнив аналогичные значения для линий 33 кВ, получим наличие более чем двухкратного резерва пропускной способности.

### Заключение

Анализ загрузки распределительных сетей напряжением 33 и 11 кВ района Мандалай Республики Союз Мьянма показал, что:

- существующая нагрузка трансформаторов 33/11 и 11/0,4 кВ в большинстве случаев не превышает 65%, что позволяет в перспективе удвоить их нагрузку, не перегружая трансформаторы;
- линии напряжением 33 кВ также обладают не менее чем двухкратным резервом по пропускной способности;

### Литература

1. **Министерство** электричества и энергетики [Офиц. сайт] [www.moe.gov.mm/en/ignite/index](http://www.moe.gov.mm/en/ignite/index) (дата обращения 28.09.2021).
2. **U Han Zaw**. Current Status of Myanmar's Electricity Sector [Электрон. ресурс] [www.greatermekong.org/sites/default/files/Attachment%2011.3\\_Myanmar.pdf](http://www.greatermekong.org/sites/default/files/Attachment%2011.3_Myanmar.pdf) (дата обращения 28.09.2021).
3. **Zaw Naing Thein H.** Current Status and Opportunity in Electric Power Sector [Электрон. ресурс] [www.afeo.org/wp-content/uploads/2019/03/MES-Current-Status-and-Opportunity-in-Electric-Power-Sector-Myanmar.pdf](http://www.afeo.org/wp-content/uploads/2019/03/MES-Current-Status-and-Opportunity-in-Electric-Power-Sector-Myanmar.pdf) (дата обращения 28.09.2021).
4. **Khin Thi Aye**. The Role of hydropower in Myanmar // Ministry of electricity and Energy [Электрон. ресурс] [www.moe.gov.mm/mm/ignite/page/84/446](http://www.moe.gov.mm/mm/ignite/page/84/446) (дата обращения 28.09.2021).
5. **National Energy Management Committee**. Myanmar Energy Master Plan [Электрон. ресурс] [www.burmalibrary.org/docs22/2015-12-Myanmar\\_Energy\\_Master\\_Plan.pdf](http://www.burmalibrary.org/docs22/2015-12-Myanmar_Energy_Master_Plan.pdf) (дата обращения 28.09.2021).
6. **Department of Meteorology and Hydrology (Myanmar)** [Офиц. сайт] [www.moezala.gov.mm/current-weather-condition-city162021](http://www.moezala.gov.mm/current-weather-condition-city162021) (дата обращения 28.09.2021).
7. **Черников В.А., Прибылова Н.В., Микляев А.Е., Чурсина М.В., Черникова В.В.** Анализ графиков нагрузки потребителей в электрических сетях сельскохозяйственного и промышленного назначения // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Воронеж: Изд-во Воронежского гос. аграрного ун-та им. Императора Петра I, 2018. С. 175—182.
8. **Шведов. Г.В.** Электроснабжение городов: электропотребление, расчетные нагрузки, распределительные сети. М: Издат. дом МЭИ, 2012.
9. **Xuemei Y., Jinliang J.** Study on Power Supply of Ring Network of 10 KV Distribution Network // Proc. China Intern. Conf. Electricity Distribution. 2008. Pp. 1—5.

- у большей части линий напряжением 11 кВ запас пропускной способности не более чем 40%.

Для обеспечения генерального плана электрификации страны, предусматривающего трехкратный рост электропотребления в ближайшие 10 лет, необходимо решение следующих задач по развитию существующих распределительных сетей:

- обоснование оптимальной мощности устанавливаемых трансформаторов 11/0,4 кВ в условиях роста плотности электрических нагрузок;
- определение целесообразной площади электрооборудования одной трансформаторной подстанции 11/0,4 кВ;
- оптимизация сечений головных участков фидеров 11 кВ и числа трансформаторов 11/0,4 кВ, подключаемых к одному фидеру;
- установление граничных условий целесообразности сооружения разукрупняющих линий 11 кВ.

### References

1. **Ministerstvo** Elektrichstva i Energetiki [Ofits. Sayt] [www.moe.gov.mm/en/ignite/index](http://www.moe.gov.mm/en/ignite/index) (Data Obrashcheniya 28.09.2021).
2. **U Han Zaw**. Current Status of Myanmar's Electricity Sector [Elektron. Resurs] [www.greatermekong.org/sites/default/files/Attachment%2011.3\\_Myanmar.pdf](http://www.greatermekong.org/sites/default/files/Attachment%2011.3_Myanmar.pdf) (Data Obrashcheniya 28.09.2021).
3. **Zaw Naing Thein H.** Current Status and Opportunity in Electric Power Sector [Elektron. Resurs] [www.afeo.org/wp-content/uploads/2019/03/MES-Current-Status-and-Opportunity-in-Electric-Power-Sector-Myanmar.pdf](http://www.afeo.org/wp-content/uploads/2019/03/MES-Current-Status-and-Opportunity-in-Electric-Power-Sector-Myanmar.pdf) (Data Obrashcheniya 28.09.2021).
4. **Khin Thi Aye**. The Role of hydropower in Myanmar. Ministry of electricity and Energy [Elektron. Resurs] [www.moe.gov.mm/mm/ignite/page/84/446](http://www.moe.gov.mm/mm/ignite/page/84/446) (Data Obrashcheniya 28.09.2021).
5. **National Energy Management Committee**. Myanmar Energy Master Plan [Elektron. Resurs] [www.burmalibrary.org/docs22/2015-12-Myanmar\\_Energy\\_Master\\_Plan.pdf](http://www.burmalibrary.org/docs22/2015-12-Myanmar_Energy_Master_Plan.pdf) (Data Obrashcheniya 28.09.2021).
6. **Department of Meteorology and Hydrology (Myanmar)** [Ofits. Sayt] [www.moezala.gov.mm/current-weather-condition-city162021](http://www.moezala.gov.mm/current-weather-condition-city162021) (Data Obrashcheniya 28.09.2021).
7. **Chernikov V.A., Pribylova N.V., Miklyayev A.E., Chursina M.V., Chernikova V.V.** Analiz Grafikov Nagruzki Potrebiteley v Elektricheskikh Setyakh Selskokhozyaystvennogo i Promyshlennogo Naznacheniya. Energoeffektivnost' i Energosberezhenie v Sovremennom Proizvodstve i Obshchestve: Materialy Mezhdunar. Nauch.-prakt. Konf. Voronezh: Izd-vo Voronezhskogo Gos. Agrarnogo Un-ta im. Imperatora Petra I, 2018:175—182. (in Russian).
8. **Shvedov. G.V.** Elektrosnabzhenie Gorodov: Elektropotreblenie, Raschetnye Nagruzki, Raspredelitel'nye Seti. M: Izdat. Dom MEI, 2012. (in Russian).
9. **Xuemei Y., Jinliang J.** Study on Power Supply of Ring Network of 10 KV Distribution Network. Proc. China Intern. Conf. Electricity Distribution. 2008:1—5.

10. **Melodi A.O., Ogunboyo P.T.** Power Distribution Problems on 11 kV Feeder Networks in Akure, Nigeria // Proc. 2013 IEEE Intern. Conf. Emerging & Sustainable Technol. for Power & ICT in a Developing Soc. 2013. Pp. 292—300.

11. **Japan International Cooperation Agency (JICA).** Final Report of Data Collection Survey on Urban Area Distribution Network Development [Электрон. ресурс] www.jica.go.jp/english/index.html (дата обращения 28.09.2021).

12. **Белей В.Ф., Piechocki J.** Повышение эффективности сельских электрических сетей напряжением 0,4—35 кВ // Материалы IV Междунар. Балтийского морского форума. Калининград: Изд-во Балтийской гос. академии рыбопромышленного флота, 2016. С. 918—923.

13. **Ohn Zin Lin, Okka, Cho Cho Myint.** Modified Techniques for Distribution System Reliability Improvement by Parallel Operation of Transformers // Intern. J. Electrical and Computer Eng. 2019. V. 13. Pp. 394—402.

14. **Ефременко В.М., Беляевский Р.В.** Анализ влияния нагрузки силовых трансформаторов на потребление реактивной мощности // Вестник Кузбасского гос. техн. ун-та. 2009. № 6(76). С. 46—48.

15. **Мироненко Ю.Е.** Оценка эффективности загрузки силовых трансформаторов на примере центрального энергорайона Амурской области // Научные исследования. 2017. № 7. С. 5—8.

16. **Jamali S., Amjadi A.A., Shateri H., Ghorbani M.** Designing MV Distribution Networks Considering Voltage, Current, and Losses Constraints // Proc. 42<sup>nd</sup> Intern. Universities Power Engineering Conf. 2007. Pp. 127—131.

17. **Справочник** по проектированию электрических сетей. М.: ЭНАС, 2005.

18. **Глазунов А.А., Шведов Г.В.** Проектирование районной электрической сети: методические указания к курсовому проектированию. М.: Издат. дом МЭИ, 2010.

19. **Anupam Arya, Kalpesh Chauhan, Sunil Verma, Gopal Gajjar.** Urban Distribution System Planning in India // Proc. National Power Systems Conf. 2002. Pp. 340—344.

20. **Kyryk V.V., Tsyganenko B.V.** Modernization of Power Distribution Networks in the Power System of Ukraine // International Scientific and Practical Conference World Science. 2016. V. 1. No. 7(11). Pp. 10—12.

10. **Melodi A.O., Ogunboyo P.T.** Power Distribution Problems on 11 kV Feeder Networks in Akure, Nigeria. Proc. 2013 IEEE Intern. Conf. Emerging & Sustainable Technol. for Power & ICT in a Developing Soc. 2013:292—300.

11. **Japan International Cooperation Agency (JICA).** Final Report of Data Collection Survey on Urban Area Distribution Network Development [Elektron. Resurs] www.jica.go.jp/english/index.html (Data Obrashcheniya 28.09.2021).

12. **Beley V.F., Piechocki J.** Povyshenie Effektivnosti Sel'skikh Elektricheskikh Setey Napryazheniem 0,4—35 kV. Materialy IV Mezhdunar. Baltiyskogo Morskogo Foruma. Kaliningrad: Izd-vo Baltiyskoy Gos. Akademii Rybopromyslovogo Flota, 2016:918—923. (in Russian).

13. **Ohn Zin Lin, Okka, Cho Cho Myint.** Modified Techniques for Distribution System Reliability Improvement by Parallel Operation of Transformers. Intern. J. Electrical and Computer Eng. 2019;13:394—402.

14. **Efremenko V.M., Belyaevskiy R.V.** Analiz Vliyaniya Nagruzki Silovykh Transformatorov na Potrebleniye Reaktivnoy Moshchnosti. Vestnik Kuzbasskogo Gos. Tekhn. Un-ta. 2009;6(76):46—48. (in Russian).

15. **Mironenko Yu.E.** Otsenka Effektivnosti Zagruzki Silovykh Transformatorov na Primere Tsentral'nogo Energorayona Amurskoy Oblasti. Nauchnye Issledovaniya. 2017;7:5—8. (in Russian).

16. **Jamali S., Amjadi A.A., Shateri H., Ghorbani M.** Designing MV Distribution Networks Considering Voltage, Current, and Losses Constraints. Proc. 42<sup>nd</sup> Intern. Universities Power Engineering Conf. 2007:127—131.

17. **Справочник** по проектированию электрических сетей. М.: ЭНАС, 2005. (in Russian).

18. **Glazunov A.A., Shvedov G.V.** Proektirovanie Rayonnoy Elektricheskoy Seti: Metodicheskie Ukazaniya k Kursovomu Proektirovaniyu. M.: Izdat. Dom MEI, 2010. (in Russian).

19. **Anupam Arya, Kalpesh Chauhan, Sunil Verma, Gopal Gajjar.** Urban Distribution System Planning in India. Proc. National Power Systems Conf. 2002:340—344.

20. **Kyryk V.V., Tsyganenko B.V.** Modernization of Power Distribution Networks in the Power System of Ukraine. International Scientific and Practical Conference World Science. 2016;1;7(11):10—12.

#### Сведения об авторах:

**Йе Хтут Мьят** — аспирант кафедры электроэнергетических систем НИУ «МЭИ», e-mail: yehtutmyat.92@gmail.com  
**Шведов Галактион Владимирович** — кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетических систем НИУ «МЭИ», e-mail: ShvedovGV@mpei.ru

#### Information about authors:

**Ye Htut Myat** — Ph.D.-student of Power Electrical Systems Dept., NRU MPEI, e-mail: yehtutmyat.92@gmail.com  
**Shvedov Galaktion V.** — Ph.D. (Techn.), Assistant Professor of Power Electrical Systems Dept., NRU MPEI, e-mail: ShvedovGV@mpei.ru

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest

**Статья поступила в редакцию:** 13.07.2021

**The article received to the editor:** 13.07.2021