

РОЗДІЛ V. ЕНЕРГЕТИКА

УДК 621.311

В.И. Скоробогатова, д-р техн. наук

Б.И. Кулик, ассистент

Черниговский национальный технологический университет, г. Чернигов, Украина

ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМА РАБОТЫ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ С УЧЕТОМ РЕАКТИВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ МОЩНОСТИ

В.І. Скоробогатова, д-р техн. наук

Б.І. Кулик, асистент

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ОСОБЛИВОСТІ РЕЖИМУ РОБОТИ ДІЮЧИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З ВРАХУВАННЯМ РЕАКТИВНОЇ СКЛАДОВОЇ ПОТУЖНОСТІ

Valentina Skorobogatova, Doctor of Technical Sciences

Bogdan Kulik, assistant

Chernigov National Technological University, Chernigov, Ukraine

THE PECULIARITIES OF THE MODE OF OPERATIONS OF ACTIVE ELECTRIC NETWORK WITH REGARD TO THE REACTIVE COMPONENT OF POWER

На примере продолжительного мониторинга режима работы действующей электрической сети предприятия показано наличие высокой динамики нагрузки по реактивной мощности, значительно не совпадающей с динамикой нагрузки по активной мощности, в том числе по монотонности. Предложено ввести и определить группы оценок электрической нагрузки по реактивной мощности в действующей электрической сети, учитывающих характер и параметры нагрузки по реактивной мощности. Результаты работы рекомендуется использовать при алгоритмизации управления режимом работы действующей электрической сети посредством целевого управления потоками реактивной энергии.

Ключевые слова: действующая электрическая сеть, установившийся режим работы электрической сети, дискретные графики электрических нагрузок по мощностям, статистические оценки электрических нагрузок.

На прикладі тривалого моніторингу режиму роботи діючої електричної мережі підприємства показана наявність високої динаміки навантаження по реактивній потужності, яка значно не збігається з динамікою навантаження по активній потужності, у тому числі по монотонності. Запропоновано ввести і визначити групи оцінок електричного навантаження по реактивній потужності в діючій електричній мережі, які враховуватимуть характер і параметри навантаження по реактивній потужності. Результати роботи рекомендується використовувати при алгоритмізації управління режимом роботи діючої електричної мережі за допомогою цільового управління потоками реактивної енергії.

Ключові слова: діюча електрична мережа, сталий режим роботи електричної мережі, дискретні графіки електричних навантажень по потужностям, статистичні оцінки електричних навантажень.

Case study of the long monitoring of the mode of operations of electric network of industry the presence of heavy demand on the reactive power significantly different of heavy demand on an active power, among other on smoothness. It has been suggested that drive in and quantify by evaluation group power load of the reactive power actual power of operations of electric network, taking into account type and conditions of demand on the reactive power. Working results it is a good practice to serve for the algorithmic presentation of the mode control of the operations of electric network by through of management by objective by the current of reactive energy.

Key words: operations active of electric network, steady state operation electrical network, quantified graphic of the chart electric by demand capacity, statistical estimations of the electric demands.

Введение. Реактивная энергия, передаваемая по электрическим сетям, необходима для создания условий работы электроустановок (электрических двигателей, трансформаторов и др.). Передача ее сопровождается дополнительным нагревом токоведущих частей сетевых электроустановок, а значит, и дополнительными потерями активной энергии и напряжения. Снижение последних, наряду с другими техническими мерами, достигается при компенсации реактивной мощности (КРМ). Процедура КРМ применительно к действующим электрическим сетям (ДЭС) включает в себя осуществление целевого управления режимом работы электроустановок, генерирующих реактивную энергию, и режимом работы приемников электроэнергии (одиночных, группы). Критерием эффективности управления служит достижение рациональных значений зависимых параметров

установившегося режима работы сети, в том числе снижение потерь активной энергии и напряжения в ДЭС.

Изложение основного материала. Практика показывает, что электрические нагрузки по активной и реактивной мощностям в ДЭС динамичны и недетерминированы, что значительно осложняет решение задач КРМ. В данной работе это продемонстрировано на примере оценивания энергетического состояния района действующих электрических сетей предприятия «Черниговское Химволокно» с вводными фидерами 21 и 32 распределительной подстанции РП2. В качестве исходных параметров режима работы сети послужили получасовые нагрузки по активной и реактивной мощностям за каждые сутки марта месяца 2007 календарного года. Общее количество получасовых нагрузок по каждой составляющей равно 1448 единицам. Ниже приведена структурированная в табл. 1-5 информация, отображающая режим работы оцениваемой сети.

В графах 3, 4, 5, 6, 7 табл. 1 представлены частичные массивы получасовых электрических нагрузок по реактивной мощности по состоянию на 1, 4, 5, 15, 31 сутки марта месяца (всего 5 суток). Выбор этих массивов сделан из целесообразности демонстрации предельных оценок электрических нагрузок сети (максимум и минимум), приходящихся на март месяц. В графах 8 и 9 табл. 1 представлены статистические оценки получасовых нагрузок, соответствующие одним и тем же временным получасовым интервалам (графа 2) в течение марта месяца. В графе 1 представлена сквозная нумерация временных интервалов, соответствующих реальным интервалам времени суток, приведенным в графе 2. В качестве статистических оценок нагрузок по реактивной мощности взяты среднеарифметические значения получасовых нагрузок (оценки математических ожиданий M_{MP}) и среднеквадратические отклонения от них (σ_{MP}) [1].

Таблица 1

Получасовые электрические нагрузки по реактивной мощности и их месячные статистические оценки

Номер времен- ного ин- тервала	Реальные интервалы времени суток	Получасовые нагрузки по реактивной мощности Q (кВАр) по состоянию на:					M_{MP}	σ_{MP}
		01.03.07	04.03.07	05.03.07	15.03.07	31.03.07		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	23.30-00.00	820	588	808	428	280	668,1	198,3
2	00.00-00.30	816	628	800	456	284	670,3	199,8
...
8	03.00-03.30	820	564	772	228	248	631,1	202,4
9	03.30-04.00	760	592	704	184	152	577,7	198,4
10	04.00-04.30	716	524	572	68	36	461,4	212,4
11	04.30-05.00	588	408	488	116	40	447,9	203,4
12	05.00-05.30	680	432	512	64	44	479,5	215,4
13	05.30-06.00	1024	512	632	132	116	591,1	248,7
14	06.00-06.30	1428	640	768	188	228	779,8	280,0
15	06.30-07.00	1392	736	836	272	432	827,9	267,8
16	07.00-07.30	1464	748	848	320	392	846,8	274,9
17	07.30-08.00	1552	756	864	344	436	889,4	273,2
18	08.00-08.30	1576	692	912	372	428	904,8	271,9
...
38	18.00-18.30	1400	800	1012	928	356	855,2	266,7
39	18.30-19.00	1412	768	1060	884	404	849,9	257,7
40	19.00-19.30	1416	764	1072	852	400	848,5	255,8
41	19.30-20.00	1248	692	996	752	320	781,8	254,5

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	20.00-20.30	1180	604	904	648	184	630,7	270,1
43	20.30-21.00	1148	548	788	584	76	553,2	261,2
44	21.00-21.30	1116	536	700	604	84	547,5	247,7
45	21.30-22.00	944	648	836	716	144	636,6	228,8
46	22.00-22.30	756	812	888	792	232	693,9	206,2
47	22.30-23.00	680	788	800	724	204	629,4	206,2
48	23.00-23.30	688	808	836	720	144	620,5	220,4

В табл. 2 приведены статистические оценки получасовых нагрузок, соответствующие каждому из выбранных суток. В качестве этих оценок взяты также среднеарифметические значения получасовых нагрузок конкретных суток (оценки математических ожиданий M_{cp}) и среднеквадратические отклонения от них (σ_{cp}).

Таблица 2

Суточные статистические оценки получасовых электрических нагрузок по реактивной мощности

Вид статистической оценки	Значение оценки по состоянию на:				
	01.03.07	04.03.07	05.03.07	15.03.07	31.03.07
M_{cp}	1184,1	646,2	859,1	564,3	285,3
σ_{cp}	315,2	135,2	141,9	280,8	123,5

В табл. 3 представлены частичные массивы получасовых электрических нагрузок по активной мощности по состоянию на демонстрационные сутки 1, 4, 5, 15, 31 марта и их месячные статистические оценки ($M_{ма}$ и $\sigma_{ма}$), вычисленные по аналогии с вышеприведенными статистическими оценками по реактивной мощности.

Таблица 3

Получасовые электрические нагрузки по активной мощности и их месячные статистические оценки

Номер временного интервала	Получасовые нагрузки по активной мощности Р (кВт) по состоянию на:					$M_{ма}$	$\sigma_{ма}$
	01.03.07	04.03.07	05.03.07	15.03.07	31.03.07		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	3968	2976	3200	2696	2388	3483,6	371,7
2	3928	3052	3216	2740	2380	3486,7	360,1
...
8	3872	2888	3084	2500	2260	3356,4	367,3
9	3836	2956	3068	2492	2156	3313,3	383,7
10	3644	2860	2932	2376	1936	3163,0	384,6
11	3572	2704	2820	2292	1920	3136,6	378,3
12	3708	2736	2812	2404	1892	3198,8	408,8
13	4108	2812	2912	2480	2044	3257,3	388,7
14	4420	2969	3152	2580	3240	3507,5	332,5
15	4280	3052	3180	2576	2436	3475,1	388,4
16	4524	3064	3248	2672	2428	3529,3	411,3
17	4524	3128	3300	2704	2472	3631,9	423,6
18	5488	3004	3380	2732	2524	3695,3	414,3
...
38	4360	3276	3764	3864	2364	3564,4	408,4
39	4372	3252	3784	3824	2412	3556,1	390,9
40	4436	3260	3784	3808	2400	3554,1	397,0
41	4368	3196	3696	3700	2312	3487,7	413,6

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8
42	4208	3060	3600	3592	2192	3333,9	403,1
43	4188	2988	3512	3508	2108	3279,0	397,7
44	4172	2944	3392	3520	2016	3229,3	395,5
45	4132	3048	3580	3652	2128	3354,1	421,4
46	3984	3224	3652	3808	2336	3443,4	416,6
47	3892	3132	3532	3704	2276	3341,4	424,7
48	3884	3180	3608	3748	2208	3356,8	443,6

В табл. 4 приведены суточные статистические оценки получасовых электрических нагрузок по активной мощности ($M_{сА}$ и $\sigma_{сА}$), вычисленные по аналогии с вышеприведенными статистическими оценками по реактивной мощности.

Таблица 4

Суточные статистические оценки получасовых электрических нагрузок по активной мощности

Статистическая оценка	Значение оценки по состоянию на:				
	01.03.07	04.03.07	05.03.07	15.03.07	31.03.07
$M_{сА}$	4240,8	2974,0	3436,0	3213,1	2328,5
$\sigma_{сА}$	335,4	425,1	305,1	596,1	211,8

В табл. 5 представлены максимальные значения получасовых электрических нагрузок по активной мощности (P_{max}), реактивной мощности (Q_{max}) и полной мощности (S_{max}) с соответствующими им номерами временных интервалов на каждом из выбранных суток.

Таблица 5

Оценки максимальных получасовых электрических нагрузок P_{max} , Q_{max} и S_{max} с соответствующими им номерами временных интервалов на выбранных сутках

Обозначение оценки максимальной нагрузки по мощности	Максимальные получасовые электрические нагрузки за сутки/временной интервал по состоянию на:				
	01.03.07	04.03.07	05.03.07	15.03.07	31.03.07
P_{max} , кВт	5488/18	3360/35	3908/34	3964/34	3240/14
Q_{max} , кВАр	1576/18	836/37	1104/34	952/37	436/17
S_{max} , кВА	5710/18	3447/36	4061/34	4074/34	3248/14

В табл. 1 и 3 заливкой выделены минимальная и максимальная (36 кВАр и 1576 кВАр соответственно) получасовая нагрузка по реактивной мощности, а также минимальная и максимальная (1892 кВт и 5488 кВт соответственно) получасовая нагрузка по активной мощности. Минимальная нагрузка по реактивной мощности составляет 2,3 % от максимальной реактивной, а минимальная нагрузка по активной – 34,5 % от максимальной активной нагрузки. Это служит подтверждением наличия высокой динамики нагрузки сети по реактивной мощности и неустойчивости режима работы ДЭС. Дополнительным подтверждением высокой динамики нагрузки по активной и реактивной мощностям и неустойчивости режима работы ДЭС служит величина их частотных характеристик в течение месяца. Диапазон частотных характеристик получасовых нагрузок как по активной, так и по реактивной мощностям в течение месяца составляет всего 0,00069-0,0094. Частотные характеристики получены по правилу вычисления удельного веса одинаковых (по численным значениям) нагрузок по отношению к общему количеству получасовых нагрузок соответствующего вида (оно равно 1488).

Из табл. 2, 4 видно, что динамика получасовых нагрузок по реактивной мощности существенно выше динамики получасовых нагрузок по активной мощности.

Из табл. 5 видно, что максимальные получасовые нагрузки по активной и реактивной мощностям на каждом из выбранных суток приходятся в основном на разные временные

интервалы: по активной мощности это интервалы 18, 35, 34, 14, а по реактивной – 18, 37, 34, 17. Максимальные получасовые нагрузки по полной мощности приходятся на временные интервалы, которым принадлежат максимальные получасовые нагрузки по активной мощности. При этом имеет место наличие временных интервалов, на которых максимальные получасовые нагрузки по активной и реактивной мощностям не совпадают. Это служит подтверждением того, что графики нагрузок по активной и реактивной мощностям не монотонны. Этот факт не согласуется с утверждением о монотонности графиков нагрузок по активной и реактивной мощностям, положенным в основу работы [2]. Явление немонотонности нагрузок существенно осложняет целевое управление режимом работы средств КРМ.

Выводы. Представленный в данной работе анализ энергетического состояния ДЭС позволяет сделать вывод о необходимости учета динамики реактивной энергии в сети, немонотонности в целом графиков нагрузок по активной и реактивной мощностям и необходимости введения обоснованных оценок электрической нагрузки по реактивной мощности в ДЭС для применения их в целевом управлении реактивной энергией.

Список использованных источников

1. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман. – М. : Высш.шк., 2003. – 479 с.
2. Указания по определению электрических нагрузок в промышленных установках / Инструктивные указания по проектированию электротехнических промышленных установок. – М. : Энергоатомиздат, 1968. – № 6. – С. 3-17.

УДК 621.316

О.С. Яндульський, д-р техн. наук

О.В. Хоменко, канд. техн. наук

А.А. Марченко, канд. техн. наук

НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна

АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ З РОЗОСЕРЕДЖЕНОЮ ГЕНЕРАЦІЄЮ СЕС

А.С. Яндульський, д-р техн. наук

О.В. Хоменко, канд. техн. наук

А.А. Марченко, канд. техн. наук

НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ СЭС

Oleksandr Yandulskyi, Doctor of Technical Sciences

Oleh Khomenko, PhD in Technical Sciences

Anatolii Marchenko, PhD in Technical Sciences

NTUU «KPI», Kyiv, Ukraine

THE ANALYSIS OF THE MODES OF ELECTRICAL NETWORKS WORK WITH DISTRIBUTED GENERATION SES

Розглянуто вплив генерації сонячних електростанцій (СЕС) на режими роботи електричної мережі південно-західної частини ОЕС України. Аналізуються рівні напруг і сумарні втрати активної потужності в мережі при зміні генерації СЕС. Використовується програмний комплекс Power Factory.

Ключові слова: електрична мережа, розосереджена генерація, комп'ютерне моделювання, сонячна електростанція, втрати потужності, рівні напруг.

Рассмотрено влияние генерации солнечных электростанций (СЭС) на режимы работы электрической сети юго-западной части ОЭС Украины. Анализируются уровни напряжений и суммарные потери активной мощности в сети при изменении генерации СЭС. Используется программный комплекс Power Factory.

Ключевые слова: электрическая сеть, рассредоточенная генерация, компьютерное моделирование, солнечная электростанция, потери мощности, уровни напряжений.