

УДК 621.316

<https://doi.org/10.36906/KSP-2021/83>

Щекочихин А.В.

канд. техн. наук

Абубекеров Р.Р.

ORCID: 0000-0001-9752-5767

Татарина Е.Д.

ORCID: 0000-0001-8375-1368

Нижневартровский государственный университет

г. Нижневартовск, Россия

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация. В статье рассматривается эффективность применения компенсирующих устройств для энергосбережения в системе электроснабжения нефтедобывающего предприятия. Составлена расчетная схема электроснабжения куста нефтяных скважин в программном комплексе «ЭНЕРГИЯ». В программе реализован сбор данных с реального оборудования, их обработка и вывод на экран. В результате произведен точный расчет срока окупаемости компенсирующих устройств и результат компенсации.

Ключевые слова: компенсация реактивной мощности; потери мощности; потери энергии; компенсирующее устройство.

Shchekochikhin A.V.

Ph.D.

Abubekеров R.R.

ORCID: 0000-0001-9752-5767

Tatarinova E.D.

ORCID: 0000-0001-8375-1368

Nizhnevartovsk State University

Nizhnevartovsk, Russia

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF REACTIVE POWER COMPENSATION IN THE ELECTRICAL NETWORKS OF OIL AND GAS PRODUCING ENTERPRISES

Abstract. The article discusses the effectiveness of the use of compensating devices for energy saving in the power supply system of an oil-producing enterprise. The calculation scheme of power supply of a bush of oil wells in the “ENERGY” software package has been compiled. The

Таблица 1

Информация о воздушных и кабельных линиях

Начальный узел	Промежуточный узел	Конечный узел	марка провода, 35кВ	длина, км	марка провода, кабеля, 6кВ	длина, км
ПС 110/35/6кВ	ПС-35/6кВ	к.1	АС-120	4	А-120	0,91
		к.2			А-120	0,48
		к.3			А-120	0,54
		к.4			А-120	1,44
		к.5			А-120	1,5
		к.6			А-120	1,92
		к.7			А-120	0,91
		к.8			А-120	0,84

Таблица 2

Информация об установленных трансформаторах

№ Куста	Тип подстанций	Марка, мощность трансформатора, кВА.	Коэффициент мощности, cosφ	Средняя мощность Р, кВт
1	КТПН	ТМ-400	0,7	232
3	КТПН	ТМ-160	0,7	70
4	КТПН	ТМ-630	0,8	63
6	КТПН	ТМ-630	0,7	249
	КТПН	ТМ-400	0,7	28
7	КТПН	ТМ-400	0,7	282
	КТПН	ТМ-400	0,7	250
8	КТПН	ТМ-630	0,7	336
	КТПН	ТМ-630	0,7	390

Для расчета анализа установившихся режимов рассматриваемой электрической сети использовалась программа «Энергия» [2].

Информация о ветвях, типах линий, марки провода и протяженности вводится в специальном окне программы (рис. 2). Расчет параметров схемы замещения осуществляется автоматически. Для узлов задается уровень напряжения и мощность нагрузки. Расчетная схема с результатами расчета по текущим нагрузкам (рис. 3).

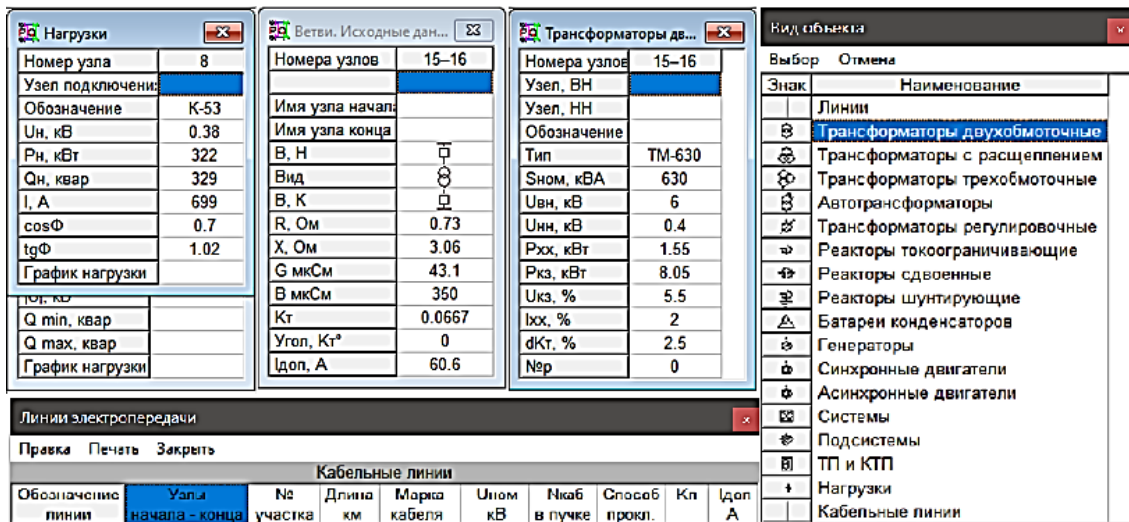


Рис. 2. Ввод параметров и выбор объектов энергосистемы

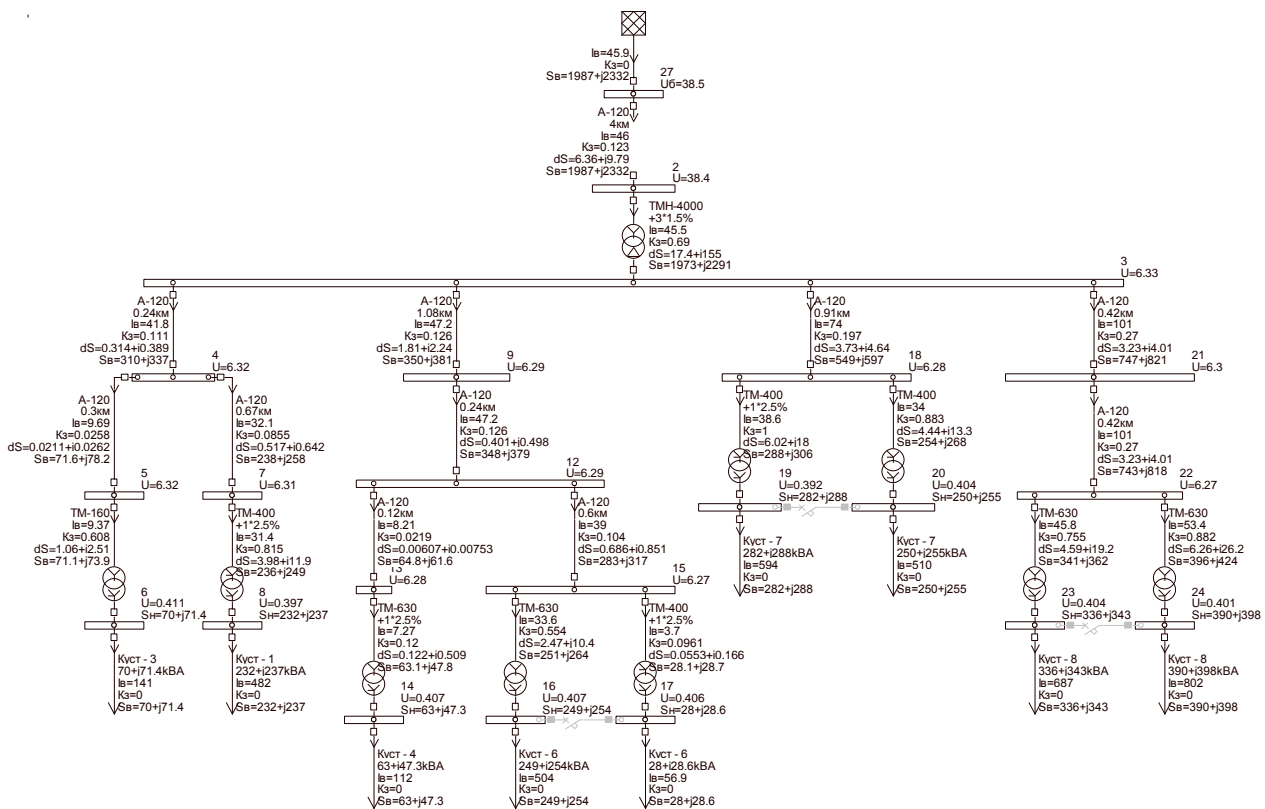


Рис. 3. Результаты расчета режима сети при существующей нагрузке

Результаты расчёта потерь мощности в текущей схеме представлены на рисунке 5.

Выполним компенсацию реактивной мощности исходя из обеспечения экономического тангенса равным 0,4. Для этого выберем для каждого узла устройства компенсации реактивной мощности (далее УКРМ), мощность которых определяется по формуле:

$$Q_3 = (tg\varphi(исх) - tg(0,4)) \cdot P_{cp} \quad (1)$$

где P_{cp} – средняя нагрузка трансформатора.

Выбранные номинальные мощности батарей, указанием стоимости приведены в таблице

3.

Таблица 3

Выбор БСК

№ куста	Трансформатор	tgφ (исх)	tgφ	P, кВт	Qэ, кВар	Мощность БСК, кВар,	Цена без учета монтажа, руб
1	ТМ-400	1,02	0,4	232	143,84	200	170 510
3	ТМ-160	1,02	0,4	70	43,4	-	-
4	ТМ-630	0,75	0,4	63	22,05	-	-
6	ТМ-630	1,02	0,4	249	154,38	150	177 470
	ТМ-400	1,02	0,4	28	17,36	-	-
7	ТМ-400	1,02	0,4	282	174,84	200	170 510
	ТМ-400	1,02	0,4	250	155	150	177 470
8	ТМ-630	1,02	0,4	336	208,32	200	170 510
	ТМ-630	1,02	0,4	390	241,8	240	213 420

На рисунке 4 приведена расчетная схема, с результатами расчета, после установки УКРМ (<https://clck.ru/Z6LZ4>). Значения потерь мощности приведены в таблице 4.

Таким образом изменение потерь мощности составляют:

$$\Delta P_{\text{сум}} = 86,8 - 58,2 = 28,6 \text{ кВт} \quad (2)$$

То есть потери активной мощности в результате компенсации снизились на 33 %.

Срок окупаемости источников реактивной мощности можно приближенно определить по формуле:

$$T_{\text{окуп}} = \frac{\sum C_i \cdot 1,5}{\Delta P_{\text{сум}} \cdot c \cdot 8760} = \frac{1\,079\,890 \cdot 1,5}{26,2 \cdot 3 \cdot 8760} = 2,15 \text{ года} = 25,8 \text{ месяцев} \quad (3)$$

где С – стоимость всех УКРМ;

1,5 – коэффициент учета монтажа и доставки;

с – тариф за 1 кВт·ч;

$\Delta P_{\text{сум}}$ – разность суммарных потерь до и после установки УКРМ.

Стоимость снижения потерь определим исходя из стоимости электроэнергии – 3 рубля за квт/ч. (<https://clck.ru/Z6LXW>).

Стоит так же отметить, что в рассматриваемом фрагменте схемы достаточно большая величина приходится на потери холостого хода трансформатора – 23% до компенсации и 42% с учетом компенсации. Это говорит о низкой загрузке ряда трансформаторов. Коэффициенты загрузки трансформаторов представлены в таблице 4.

Таблица 4

Информация об установленных трансформаторах

№ Куста	Тип подстанций	Марка, мощность трансформатора, кВА.	Коэффициент загрузки до компенсации	Коэффициент загрузки после компенсации
1	КТПН	ТМ-400	0,815	0,545
3	КТПН	ТМ-160	0,608	0,592
4	КТПН	ТМ-630	0,12	0,117
6	КТПН	ТМ-630	0,554	0,393
	КТПН	ТМ-400	0,0961	0,0933
7	КТПН	ТМ-400	1	0,689
	КТПН	ТМ-400	0,883	0,625
8	КТПН	ТМ-630	0,755	0,534
	КТПН	ТМ-630	0,882	0,617

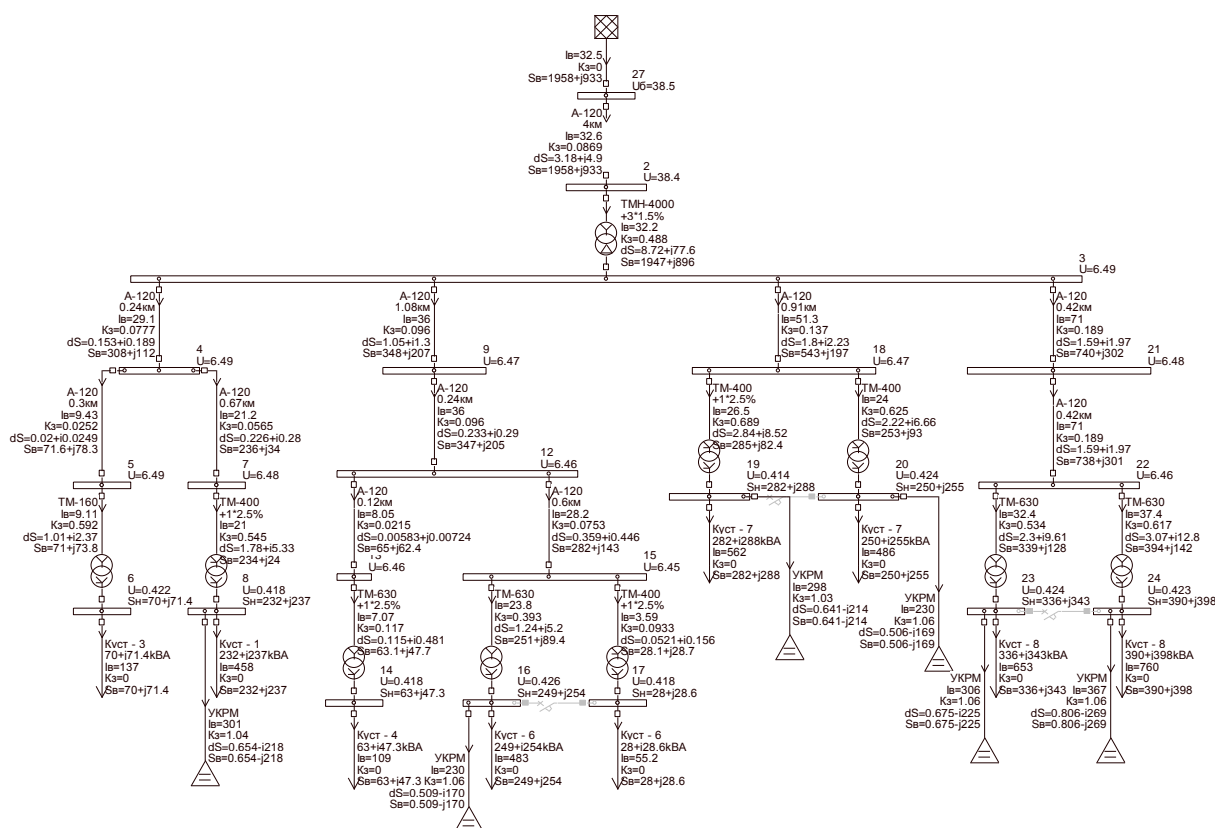


Рис. 4. Результаты расчета режима сети при установке БСК

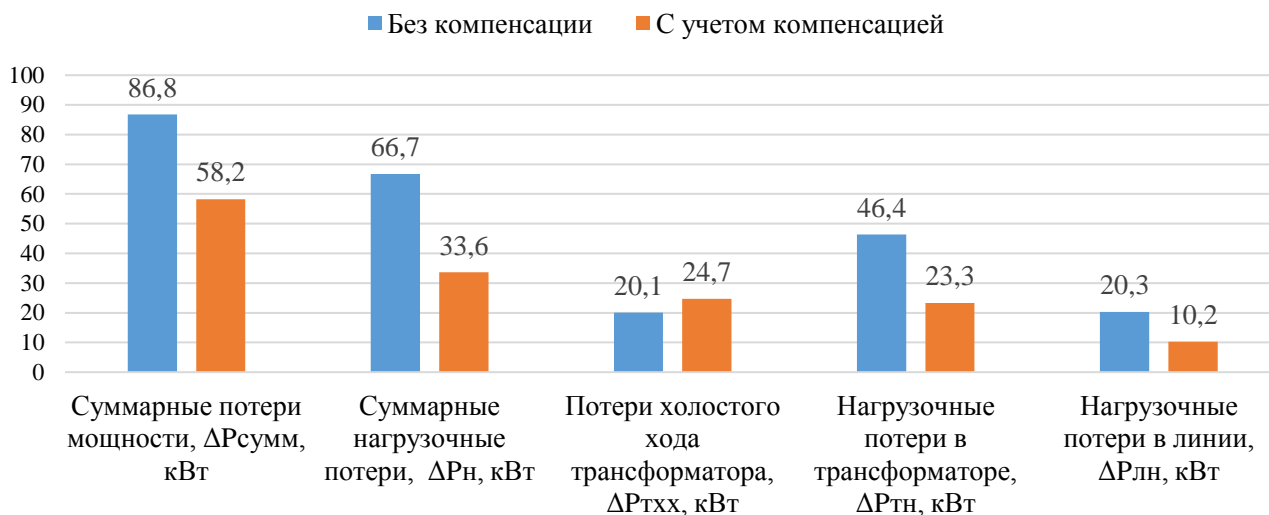


Рис. 5. Диаграмма изменения составляющих потерь мощности

В результате применения компенсирующих устройств значительно уменьшились потери мощности в электрической сети. Компенсация реактивной мощности с помощью батарей статических конденсаторов позволяет так же уменьшить загрузку трансформаторов и тем самым увеличить их срок службы; разгрузить линии электропередач для уменьшения меньшего сечения проводов и кабелей; улучшить качество электроэнергии у электроприемников; снизить расходы на электроэнергию.

Литература

1. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. М.: Энергоатомиздат, 1989. 592 с.
2. Ильичев Н.Б., Кулешов А.И., Серов В.А. Руководство пользователя Программный комплекс «Энергия». Иваново, 2003.

© Щекочихин А.В., Абубекеров Р.Р., Татаринова Е.Д., 2021