

УДК 621.314

*Романенко Н.Г., кандидат технических наук, заведующий кафедрой*

*«Электрооборудование и автоматика судов»,*

*Астраханский государственный технический университет*

*Российская Федерация, г. Астрахань*

*Азизов М.М., студент института морских технологий,*

*энергетики и транспорта,*

*Астраханский государственный технический университет*

*Российская Федерация, г. Астрахань*

## **ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМОНТНЫХ РАБОТ НА ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ**

*Аннотация. За последнее десятилетие возродился и возрос интерес к компьютерным методам оптимизации выбора оборудования для ремонта трансформаторов и трансформаторных подстанций. Основная причина заключается в том, что большая часть трансформаторов приближается к ожидаемому концу срока службы, и возрастает потребность в более совершенных методах определения того, пригодны ли трансформаторы для использования или нуждаются в ремонте, и какими современными средствами и устройствами можно воспользоваться в процессе этого ремонта. В статье проанализированы основные критерии выбора оборудования для трансформаторных подстанций и пути оптимизации этого выбора.*

*Ключевые слова: трансформаторная подстанция, выбор оборудования, оптимизация, ремонт.*

*Romanenko N. G., candidate of technical Sciences, head of the Department*

*"electrical Equipment and automation of ships»,*

*Astrakhan State Technical University*

*Astrakhan, Russian Federation*

*Azizov M. M., student of the Institute of marine technologies,*

*energy and transport,  
Astrakhan State Technical University  
Astrakhan, Russian Federation*

**SELECTION OF EQUIPMENT FOR REPAIR WORK AT TRANSFORMER  
SUBSTATIONS USING OPTIMIZATION METHODS**

*Annotation. Over the past decade, interest in computer methods for optimizing the selection of equipment for the repair of transformers and transformer substations has revived and increased. The main reason is that most transformers are approaching the expected end of their service life, and there is an increasing need for better methods to determine whether transformers are suitable for use or need repair, and what modern tools and devices can be used in the process of this repair. The article analyzes the main criteria for selecting equipment for transformer substations and ways to optimize this choice.*

*Keywords: transformer substation, equipment selection, optimization, repair.*

**Введение**

В состав оборудования любой подстанции входят:

силовой трансформатор, который непосредственно осуществляет преобразование электроэнергии для ее дальнейшего распределения;

шины, обеспечивающие подвод приходящего напряжения и отвод нагрузок;

силовые коммутационные аппараты с токовыми, позволяющие перераспределять электроэнергию;

системы защит, автоматики, управления, сигнализации, измерения;

вводные и вспомогательные устройства.

Во время проведения ремонтных работ встает задача оптимизации выбора оборудования на замену вышедшему из строя устройству. Обычно такой выбор сводится к анализу таблицы, представленной ниже, и осуществляется, руководствуясь как необходимостью соблюдения всех требуемых технических ограничений, так и соотношениями цена/качество/габариты для всех устройств.

Таблица 1. Выбор оборудования для КТП 10/04 кВ

Отсек	Тип	Марка	Примечание	Цена	Габариты /масса	Качество (баллы)
ТО	Силовой трансформатор	ТМ 1000 /10-6/04	Масляный	450	2610	3
		ТМЗ 1000 /10-6/04	Масляный	530	3614	5
		ТМГ-1000 /10	Масляный	460	2900	4
		ТСЛ-1000	Сухой	850	3200	5
РУВН	Высоковольтные предохранители	ПКТ-101		1	0,5	4
		3000613.16 SIBA		4	0,5	5
РУВН	Разъединители	РЛНД-10	Полимерный	13	30	4
РУВН		РЛК-10	Полимерный	30	27	5
РУВН	Выключатели нагрузки	ВВ/TEL-10-20/1000У2	Вакуумный	124	37	4
		ВБУ-10-20/1000У2	Вакуумный	101	69	4
		VD-4 ABB	Вакуумный	162	73	5
		Sion 3AE Simens	Вакуумный	125	70	4
		Susol LS	Вакуумный	166	66	5
		HEAG VS1-12	Вакуумный	90	35	3
		ВМГ-133 /1000	Масляный	80	210	2
РУНН	ЩО-70					
РУНН	Автоматические выключатели	MasterPact NW10 H1 1000А		281	0,4	5

		Compact NS Schneider Electric 1000		140	0,2	4
		Sace Emax 2 E1.2B 1000A		198	0,3	5
		BA50-45		136	0,3	4
		UAN10A 3п 1000A		180	0,3	4
РУНН	Программи- руемые реле	Zelio Logic Schneider Electric220V		14	0,2	3
		Siemens Simatic S7-1200 220 V		17	0,2	4
		Modicon M221 40IO 220V		26	0,3	5

Оптимизацию выбора оборудования можно провести с использованием методов, используемых в классической задаче о ранце. Задача о ранце (рюкзаке) — одна из NP-полных задач комбинаторной оптимизации. Своё название задача получила от оптимизационной задачи укладки как можно большего числа ценных вещей в рюкзак при условии, что общий объём (или вес) всех предметов, способных поместиться в рюкзак, ограничен. Задача о рюкзаке является актуальной и достаточно востребованной с точки зрения ее приложения в реальной жизни. Задача о загрузке (о рюкзаке) и её модификации часто возникают в экономике, прикладной математике, криптографии, генетике и логистике для нахождения оптимальной загрузки транспорта (самолёта, поезда, трюма корабля) или склада. Математически постановка задачи формулируется следующим образом: пусть имеется  $n$  предметов. Для каждого  $i$ -го предмета задан его вес

$p_i > 0$  и стоимость (ценность) ,  $c_i > 0, i=1,2,\dots,n$ . Задано ограничение на максимальный вес рюкзака –  $P$  . Каждый  $x_i$  может принимать только одно из двух значений:  $x_i=1$  , если  $i$ -й предмет упаковывают в рюкзак, или  $x_i=0$  , в противном случае. Требуется выбрать из заданного множества предметов набор с максимальной суммарной стоимостью

$$\sum_{i=1}^n c_i x_i$$

при одновременном соблюдении ограничения на суммарный вес найденного набора

$$\sum_{i=1}^n p_i x_i$$

### **Заключение**

В данной статье были рассмотрены основные принципы выбора оборудования для ремонта трансформаторных подстанций и установлены способы оптимизации такого выбора, в частности применением классических методов решения задачи о рюкзаке.

### **Список использованных источников**

1. Фёдоров А.А. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. – М.: «Энергоатомиздат», 1986.
2. Идельчик В.И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. – М.: «Энергоатомиздат», 1989.
3. Silvano Martelo, Paolo Toth. Knapsack problems. — Great Britain: Wiley, 1990. — 306 с. — ISBN 0-471-92420-2.
4. Kellerer H., Pferschy U., Pisinger D. Knapsack Problems (англ.) — Springer Science+Business Media, 2004. — 548 p. — ISBN 978-3-642-07311-3 — doi:10.1007/978-3-540-24777-7