

УДК 658.262

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МЕСТА УСТАНОВКИ УСТРОЙСТВА
КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 10 КВ
SELECTION OF THE OPTIMAL LOCATION OF THE REACTIVE
POWER COMPENSATION DEVICE IN THE 10 kV DISTRIBUTION
NETWORK**

В.В.Дюров

Научный руководитель – С.Г.Гапанюк, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет

г. Минск, Республика Беларусь

gapsarg@tut.by

V.Diurau

Supervisor – S. Hapaniuk, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация: В данной научной работе рассмотрен выбор оптимального места установки устройства компенсации реактивной мощности в распределительной электрической сети 10 кВ по критерию минимума суммарных потерь активной мощности. Для расчета используется программа RASTR_WIN3 и Mathcad.

Abstract: In this research, the selection of the optimal location of the reactive power compensation device in a 10 kV distribution network is considered according to the criterion of the minimum total active power losses. The RASTR_WIN3 program and Mathcad are used for the calculation.

Ключевые слова: распределительные сети, компенсация реактивной мощности.

Keywords: distribution networks, reactive power compensation.

Введение

Одним из главных методов снижения суммарных потерь активной мощности является установка устройств компенсации реактивной мощности в узлы схемы электрической сети. В данной научно-исследовательской работе будем производить выбор оптимального места установки устройства компенсации реактивной мощности с заданным значением по критерию минимума суммарных потерь активной мощности в сети.

Основная часть

Будем производить выбор места установки компенсирующего устройства для следующей распределительной сети, представленной на рисунке 1.

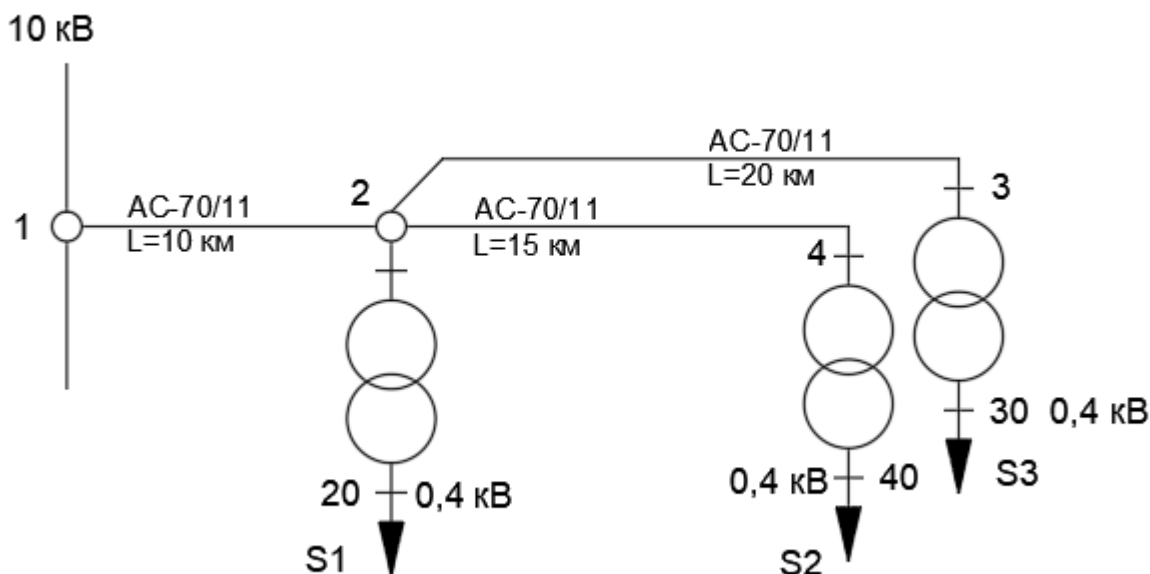


Рисунок 1 – Исходная схема

Представим исходные данные для узлов схемы в таблице 1

Таблица 1 – Исходные данные по узлам

Номер узла	Нагрузка $S_{\text{ном}}$, кВ·А	Напряжение U , кВ	Коэффициент мощности $\cos \varphi$	Время наибольших потерь $T_{\text{нб}}$, ч
2	–	10	–	–
3	–	10	–	–
4	–	10	–	–
20	100	0,4	0,8	2500
30	200	0,4	0,85	2500
40	150	0,4	0,9	2500

В узле 20 по условию есть трансформатор ТМГСУ-11-100/10-У1, в узле 30 – трансформатор ТМГСУ-11-250/10-У1, в узле 40 – трансформатор ТМГСУ-11-160/10-У1 [1].

Затем представим исходные данные по ветвям в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные по ветвям

Номер ветви	Активное сопротивление R , Ом	Индуктивное сопротивление X , Ом	Активная проводимость G , См $\cdot 10^{-6}$	Реактивная проводимость B , См $\cdot 10^{-6}$	Коэффициент трансформации K_T
1-2	4,29	3,45	–	–	1
2-3	8,58	6,9	–	–	1
2-4	6,435	5,175	–	–	1
2-20	19,7	45	2,9	16	0,04
3-30	5,92	18	5,7	20	0,04
4-40	10,156	28,125	4,1	22,4	0,04

Задана реактивная мощность компенсирующего устройства $Q_{кв} = 20$ квар. тогда будем устанавливать его в узлы 20, 30 и 40, рассчитывать суммарные потери активной мощности и, таким образом, выберем оптимальное место его установки. Представим данные о расчете потерь после установки компенсирующего устройства в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчетов потерь активной и реактивной мощности после установки компенсирующего устройства в разных узлах

Вид потерь	Без КУ	КУ в узле 20	КУ в узле 30	КУ в узле 40
Потери активной мощности в ЛЭП $dP_{ЛЭП}$, кВт	16,18	15,65	15,20	15,46
Потери активной мощности в трансформаторах $dP_{Тр}$, кВт	7,77	7,26	7,46	7,46
Потери активной мощности холостого хода $dP_{ХХ}$, кВт	1,17	1,17	1,17	1,17
Суммарные потери активной мощности dP_{Σ} , кВт	25,12	24,08	23,83	24,09
Потери реактивной мощности в ЛЭП $dQ_{ЛЭП}$, кВт	13,01	12,59	12,22	12,43
Потери реактивной мощности в трансформаторах $dQ_{Тр}$, кВт	21,17	20	20,23	20,31
Потери реактивной мощности холостого хода $dQ_{ХХ}$, кВт	5,38	5,39	5,4	5,39
Суммарные потери реактивной мощности dQ_{Σ} , кВт	39,56	37,97	37,85	38,13

По результатам расчета делаем вывод о том, что наиболее выгодным с точки зрения минимума потерь суммарной активной мощности местом установки компенсирующего устройства является узел 30.

Следующим шагом проведем технико-экономический расчет в виде расчета срока окупаемости данного мероприятия.

Расчет будем производить по следующей формуле:

$$T_c = \frac{K_{ку}}{(\Delta W_1 - \Delta W_2) \cdot \beta}, \quad (1)$$

Где $K_{ку}$ – капитальные затраты на установку компенсирующего устройства;

ΔW_1 – суммарные потери электрической энергии в сети до установки компенсирующего устройства;

ΔW_2 – суммарные потери электрической энергии в сети до установки компенсирующего устройства;

β – удельная стоимость потерь электрической энергии.

Принимаем $K_{ку} = 905$ белорусских рублей по[2].

β принимаем равным 23,59 копеек на 1 Квт·ч, по средневзвешенному значению тарифов на электрическую энергию в РБ[3].

Рассчитаем суммарные потери электрической энергии.

$$\Delta W = ((dP_{лЭП} + K_э \cdot dQ_{лЭП}) + (dP_{тр} + dP_{хх} + K_э \cdot (dQ_{тр} + dQ_{хх}))) \cdot \tau, \quad (2)$$

Где $dP_{лЭП}$ – суммарные потери активной мощности в линиях;

$dP_{тр}$ – суммарные потери активной мощности в трансформаторах;

$dQ_{лЭП}$ – суммарные потери реактивной мощности в линиях;

$dQ_{тр}$ – суммарные потери реактивной мощности в трансформаторах;

$dP_{хх}$ – суммарные потери активной мощности холостого хода;

$dQ_{хх}$ – суммарные потери реактивной мощности холостого хода;

$K_э$ – экономический эквивалент, который показывает сколько киловатт нужно для производства и распределения 1 квар. По[4] принимаем $K_э = 0,06$;

τ – время наибольших потерь.

Время наибольших потерь будем рассчитывать по следующей эмпирической формуле.

$$\tau = (0,124 + T_{нб} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760, \quad (3)$$

Где $T_{нб}$ – время использования наибольшей нагрузки.

$$\tau = (0,124 + 2500 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 1225 \text{ ч.}$$

$$\Delta W_1 = ((16,18 + 0,06 \cdot 13,01) + (7,77 + 1,17 + 0,006 \cdot (21,17 + 5,38))) \cdot 1225 = 27,494 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

$$\Delta W_2 = ((15,20 + 0,06 \cdot 12,22) + (7,46 + 1,17 + 0,06 \cdot (20,23 + 5,4))) \cdot 1225 = 26,101 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Далее рассчитаем срок окупаемости данного проекта по формуле (1).

$$T_c = \frac{0,905}{(27,494 - 26,101) \cdot 23,59 \cdot 10^{-2}} = 2,755 \text{ лет.}$$

Заключение

В данной работе был проведен анализ распределительной электрической сети с точки зрения выбора оптимального места установки компенсирующего устройства заданной мощности, определено наиболее подходящее место по критерию минимальных суммарных потерь активной мощности, а также проведен технико-экономический расчет в виде срока окупаемости для подтверждения выгоды данного проекта.

Литература

1. Трансформаторы силовые масляные [электронный ресурс]/ Трансформаторы силовые масляные. – Режим доступа: <https://metz.by/transformatory-silovye-maslyanye/tmgsu-tmgsu-11-s-simmetriruyushhim-ustrojstvom/>. – Дата доступа: 09.04.2021.
2. Конденсаторные установки УКРМ на 0,4 6 10 кВ и более [электронный ресурс]/ Конденсаторные установки УКРМ на 0,4 6 10 кВ и более. – Режим доступа: <http://energozapad.ru/kompensatory-reaktivnoy-moschnosti?page=2/>. Дата доступа: 09.04.2021.
3. Тарифы на электроэнергию для населения [электронный ресурс]/ Тарифы на электроэнергию для населения. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.by/upload/activities/tseny-tarify-na-energoresursy/Naselenie-Jelektro-i-Teplo.pdf/>. Дата доступа: 09.04.2021.
4. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ ОБЪЕКТОВ АПК. ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ [электронный ресурс]/ ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ ОБЪЕКТОВ АПК. ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ. – Режим доступа: <https://www.bsatu.by/sites/default/files/field/file/teh-ekonomobosnovvelsnabzheniidiplomnoeproektir.pdf/>. Дата доступа: 09.04.2021.