

---

# **ОПТИМИЗАЦИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СИЛОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПО МАССОГАБАРИТНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ**

---

**АВТОР:** Гавритухин Г. А.  
**РУКОВОДИТЕЛЬ:** д.т.н., профессор, Григорьев М.А.

# АКТУАЛЬНОСТЬ

---

Современный рынок предъявляет требования по оптимизации к силовым преобразователям высокой мощности не только к таким параметрам как мощность и надежность, но и к таким, как **цена, массогабаритные характеристики, упрощение монтажа и проведения сервисных работ.**

# ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ

---

- **ЦЕЛЬ:** улучшение массогабаритных показателей полупроводникового силового преобразователя, применяемого в цветной металлургической промышленности для электролиза кадмия, с целью снижения себестоимости.
- **Задача 1.** Оптимизация подсистемы измерения напряжений.
- **Задача 2.** Оптимизация подсистемы управления инвертором.
- **Задача 3.** Оптимизация разработки системы управления силовым преобразователем.
- **Задача 4.** Оптимизация подсистемы микроклимата и освещения силовых шкафов.

# ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

---



1



2



3



4



5

Рисунок 1 – Силовой преобразователь для электролиза кадмия:  
1 – Общий вид; 2 – Шкаф системы управления; 3 – Шкаф входного выпрямителя;  
4 – Шкаф инвертора; 5 – Шкаф выходного выпрямителя

# 3Д МОДЕЛЬ

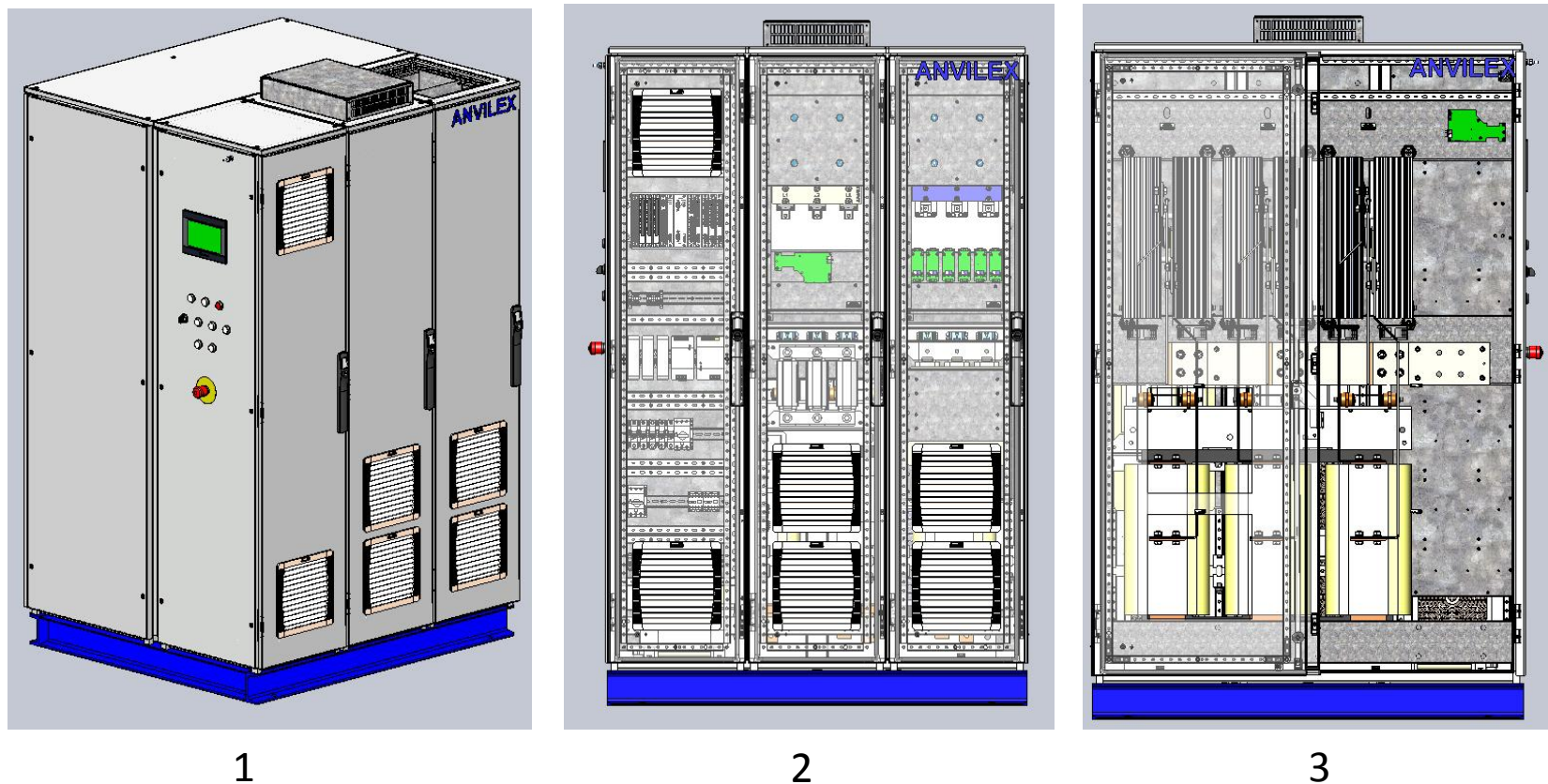


Рисунок 2 – 3Д модель силового преобразователя:  
1 – Общий вид; 2 – Вид спереди; 3 – Вид сзади

# СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИЛОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

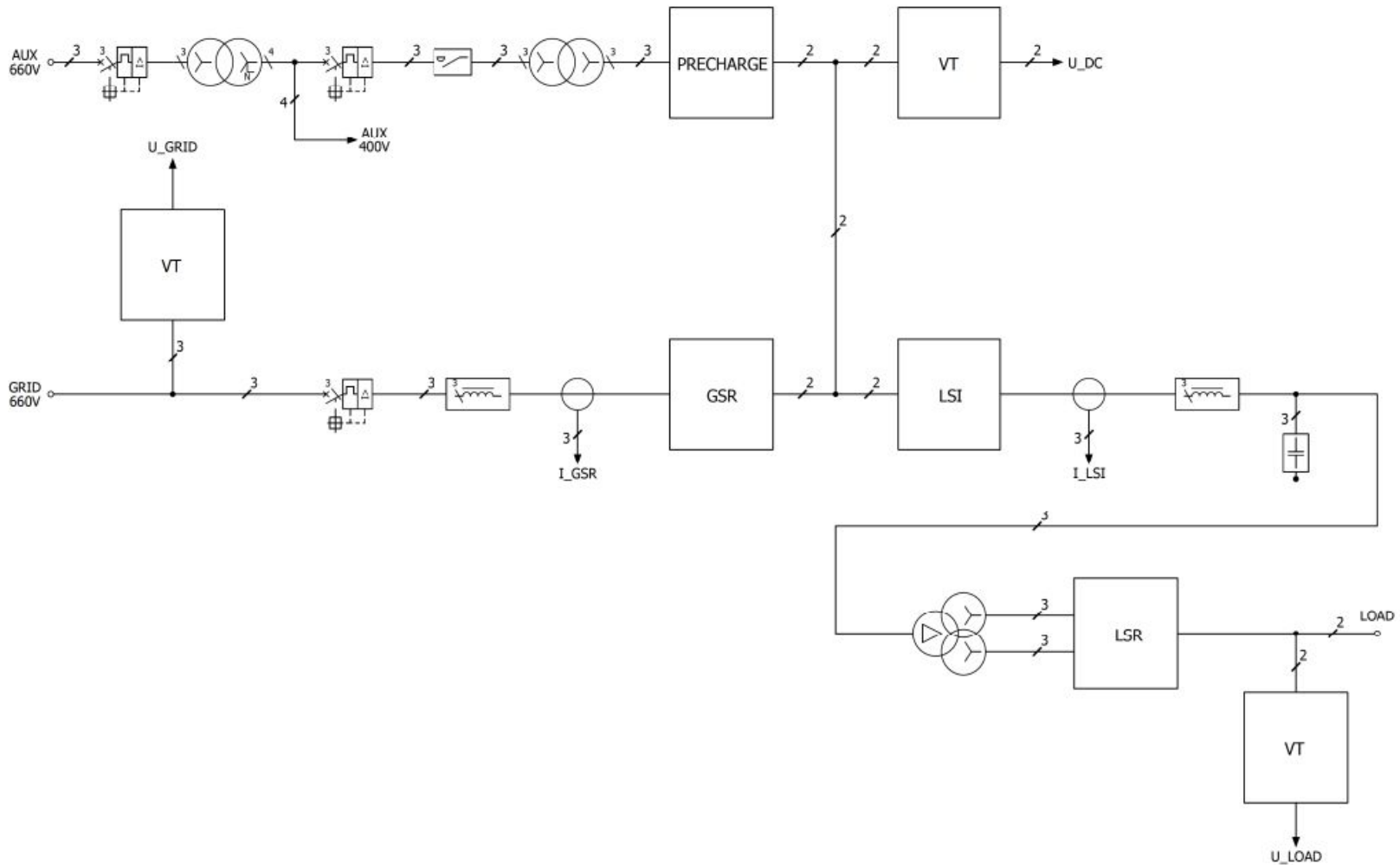


Рисунок 3 – Структурная схема силового преобразователя

# 1. ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ

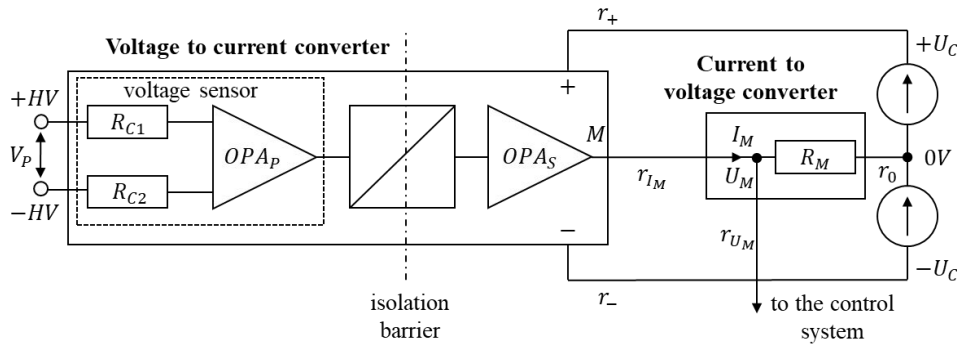


Рисунок 4 – Функциональная схема одноканальной классической подсистемы измерения напряжения

Измерительный выходной ток:

$$I_M = G \cdot V_P + \varepsilon_{I_M} \quad (1)$$

Измерительное выходное напряжение:

$$U_M = I_M \cdot R_M + \varepsilon_{U_M} \quad (2)$$

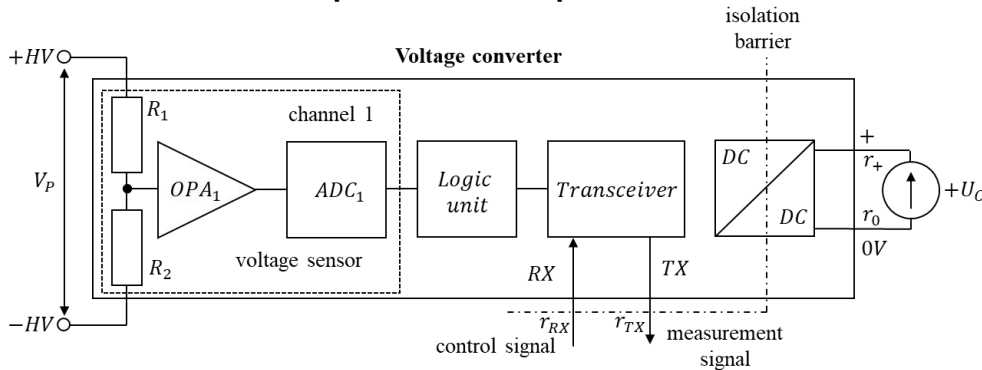


Рисунок 5 – Функциональная схема оптимизированной одноканальной подсистемы измерения напряжения

Измерительное выходное напряжение:

$$U_M = G \cdot V_P + \varepsilon_{U_M} \quad (3)$$

# 1. ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ

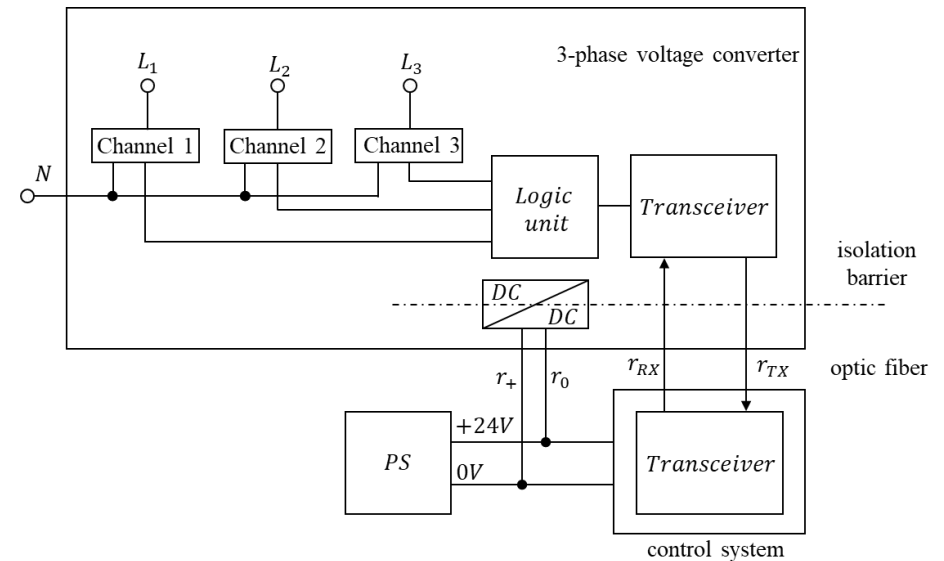
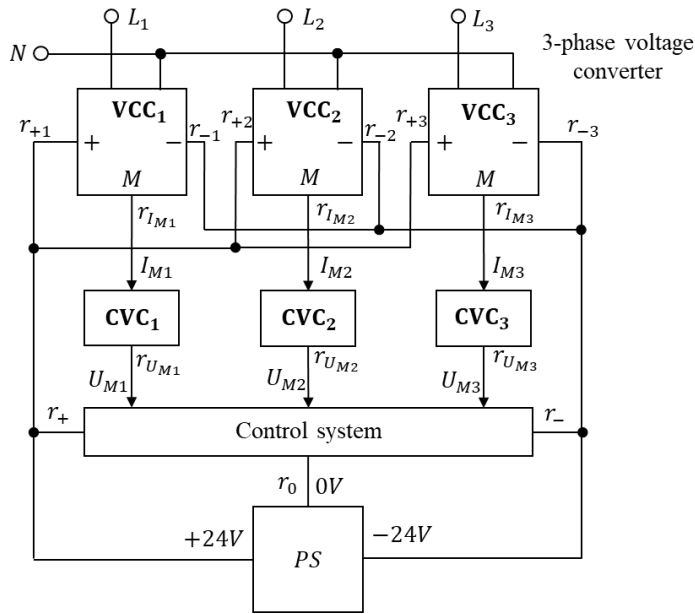


Рисунок 6 – Функциональная схема классической многоканальной подсистемы измерения напряжений

Рисунок 7 – Функциональная схема оптимизированной многоканальной подсистемы измерения напряжений



# 1. ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ

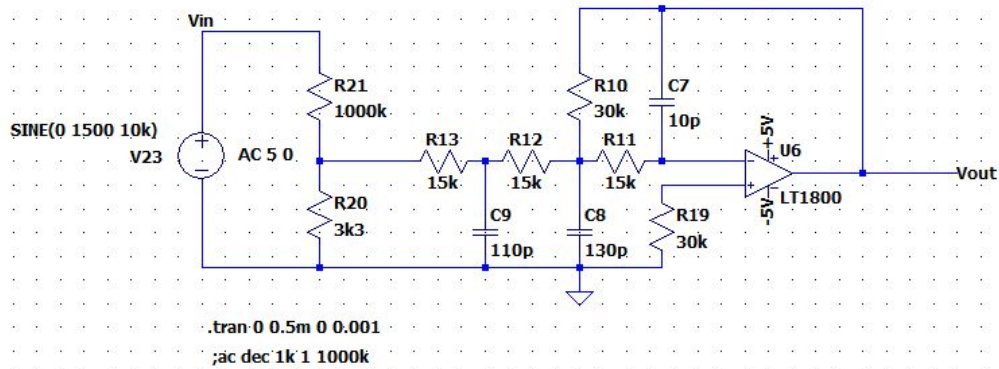


Рисунок 8 – Модель сенсора напряжения

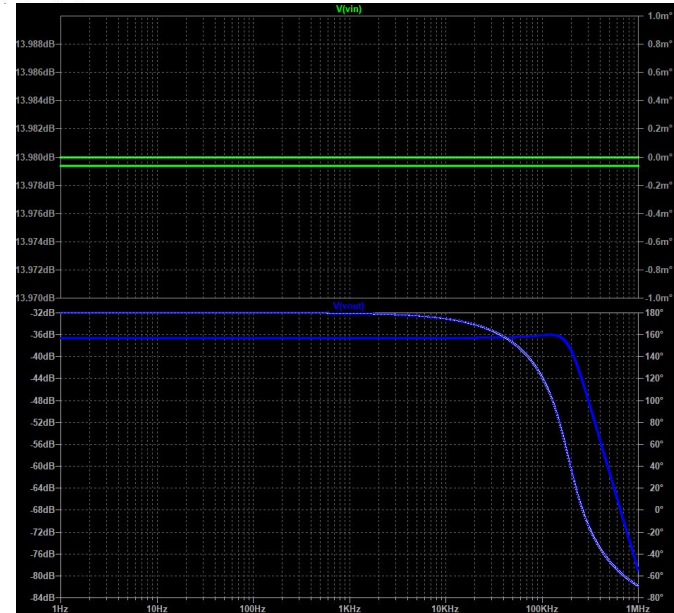
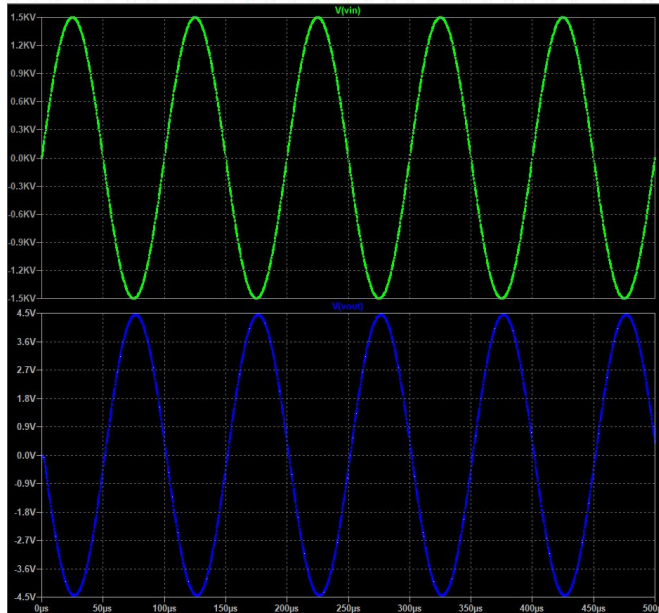


Рисунок 9 – Результат моделирования входного и выходного сигнала: 1 – Преобразование; 2 - Фильтрация

# 1. ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ

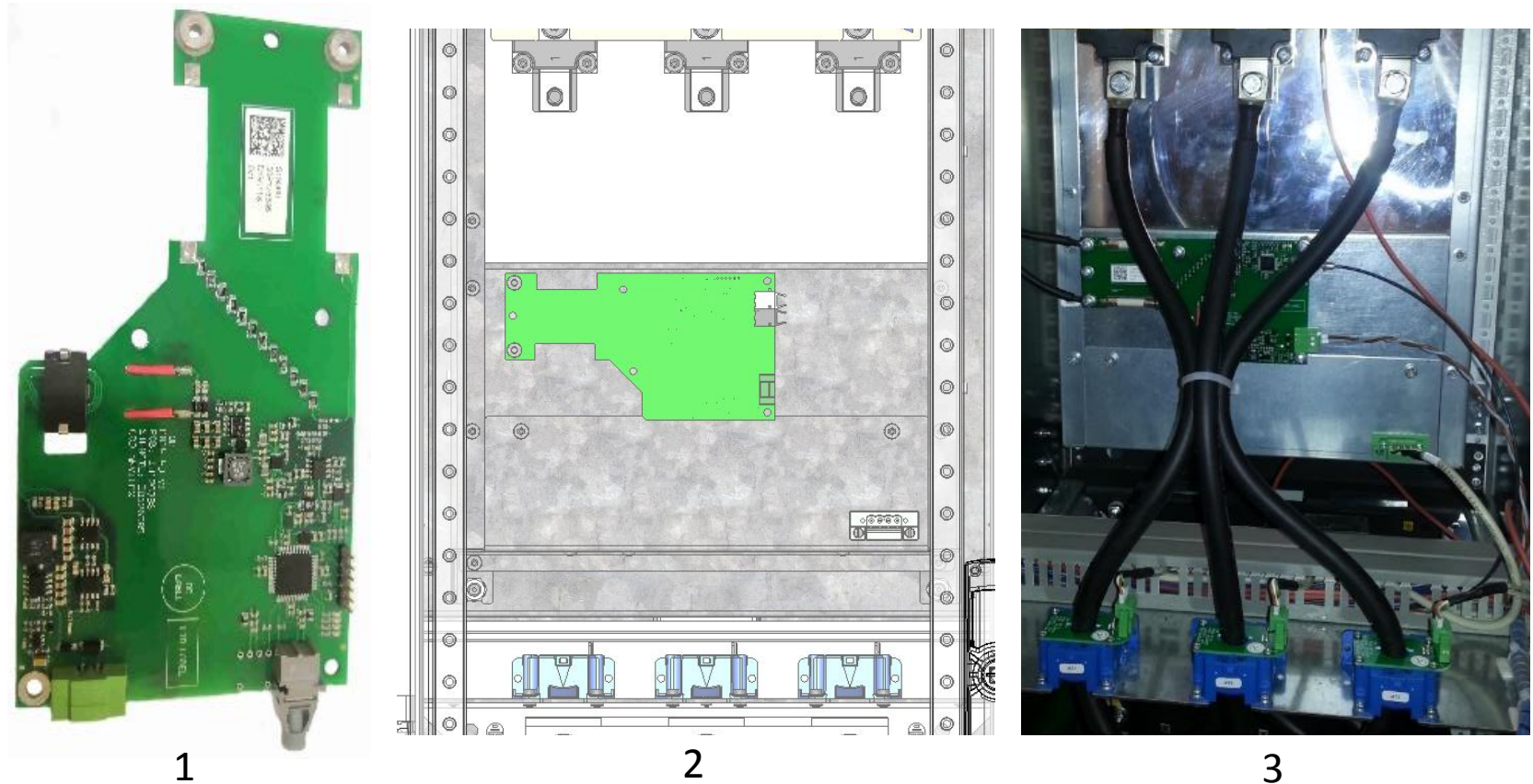
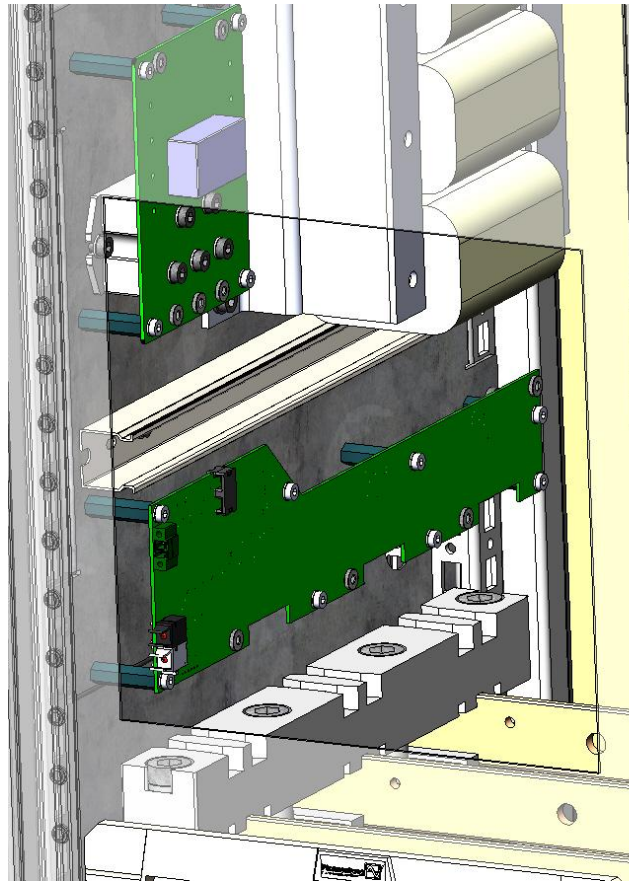


Рисунок 10 – Одноканальный преобразователь напряжения: 1 – опытный образец; 2 – место установки в 3Д модели; 3 – место установки в силовом преобразователе

# 1. ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ



1



2



3

Рисунок 11 – Многоканальный преобразователь напряжения: 1 – опытный образец; 2 – место установки в 3Д модели; 3 – место установки в силовом преобразователе<sup>11</sup>



# 1. ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ

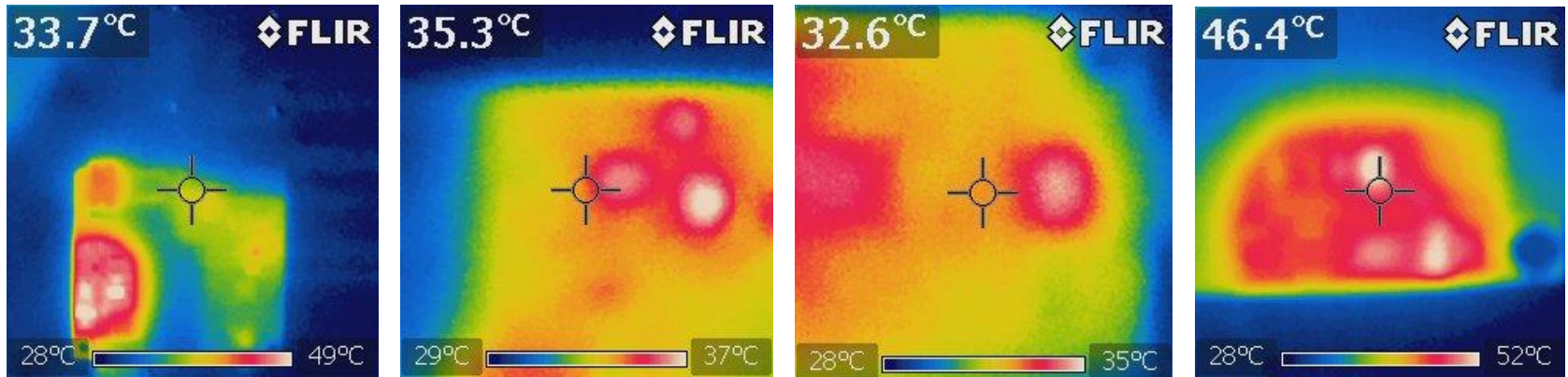


Рисунок 12 – Термограммы одноканального преобразователя напряжения

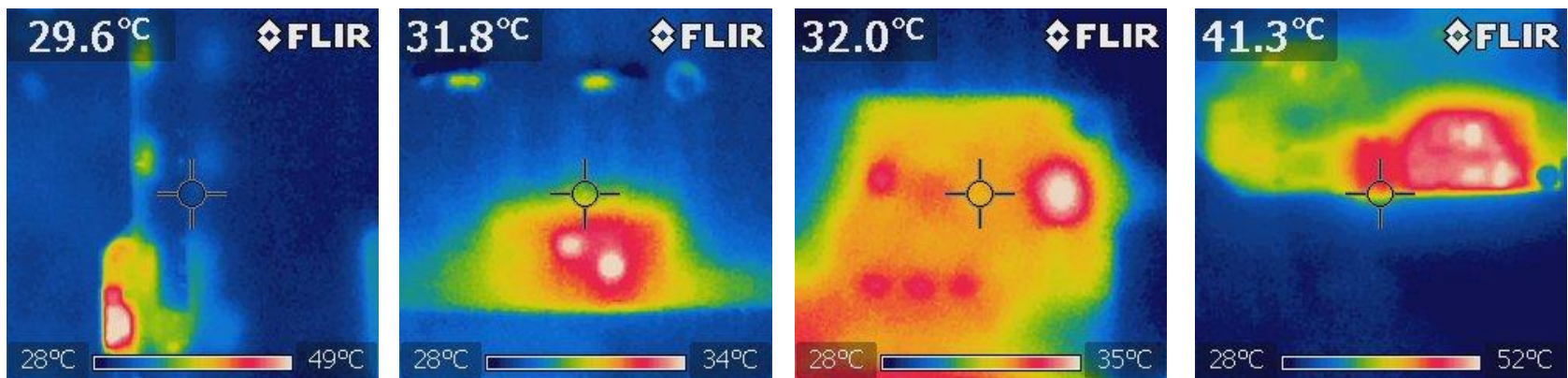
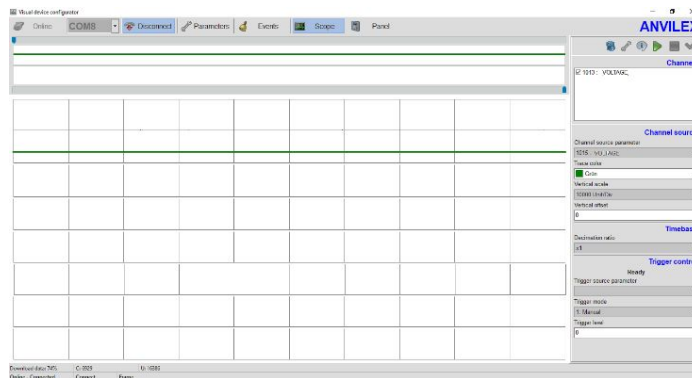
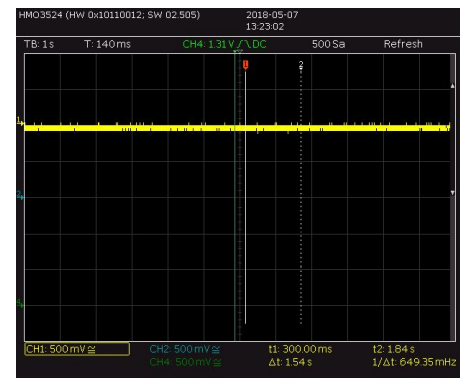


Рисунок 13 – Термограммы многоканального преобразователя напряжения

# 1. ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ

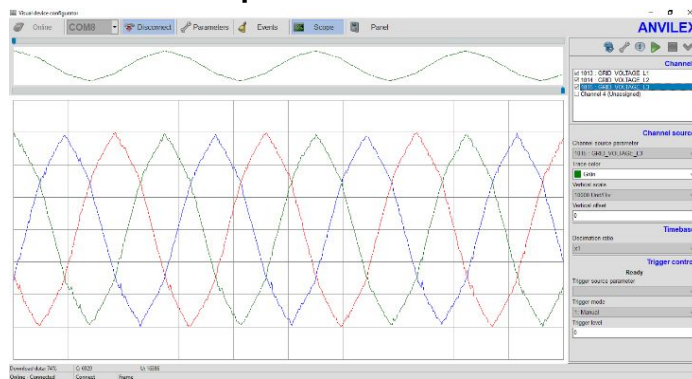


1

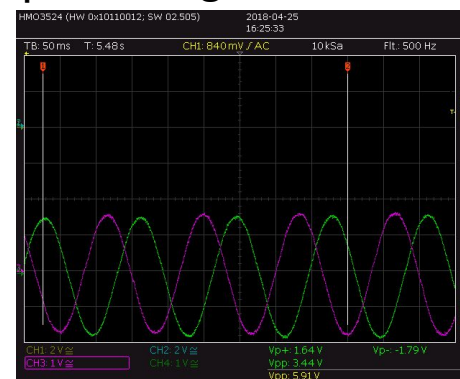


2

Рисунок 14 – Осциллограммы измерения выходного силового напряжения:  
1 – при помощи оптимизированного одноканального преобразователя напряжения,  
2 – при помощи осциллографа Nameg HMO3524



1



2

Рисунок 15 – Осциллограммы измерения напряжения питающей сети:  
1 – при помощи оптимизированного многоканального преобразователя напряжения,  
2 – при помощи осциллографа Nameg HMO3524

## 2. ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕРТОРОМ

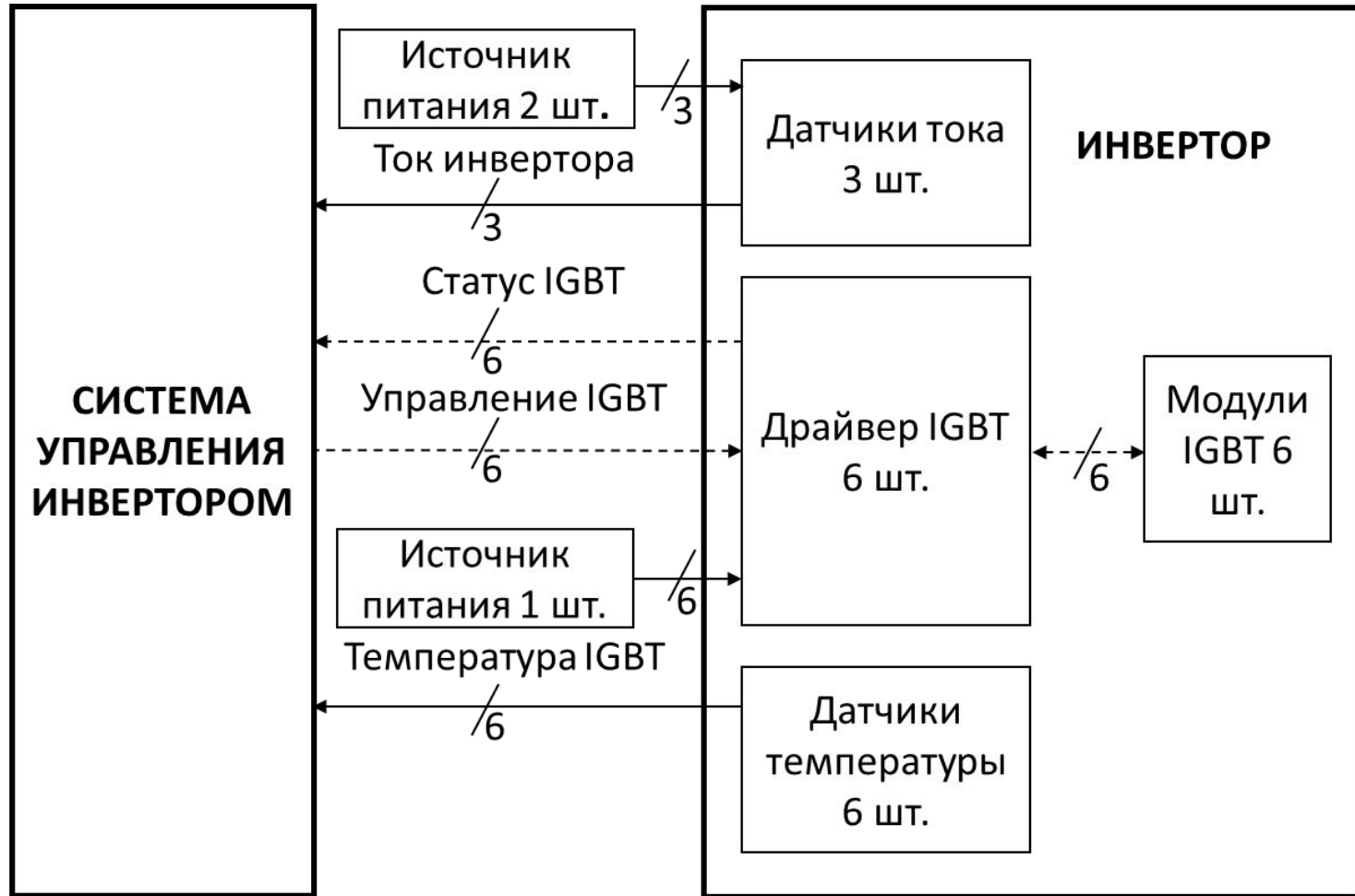


Рисунок 16 – Классическая топология подсистемы управления инвертором

# 2. ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕРТОРОМ

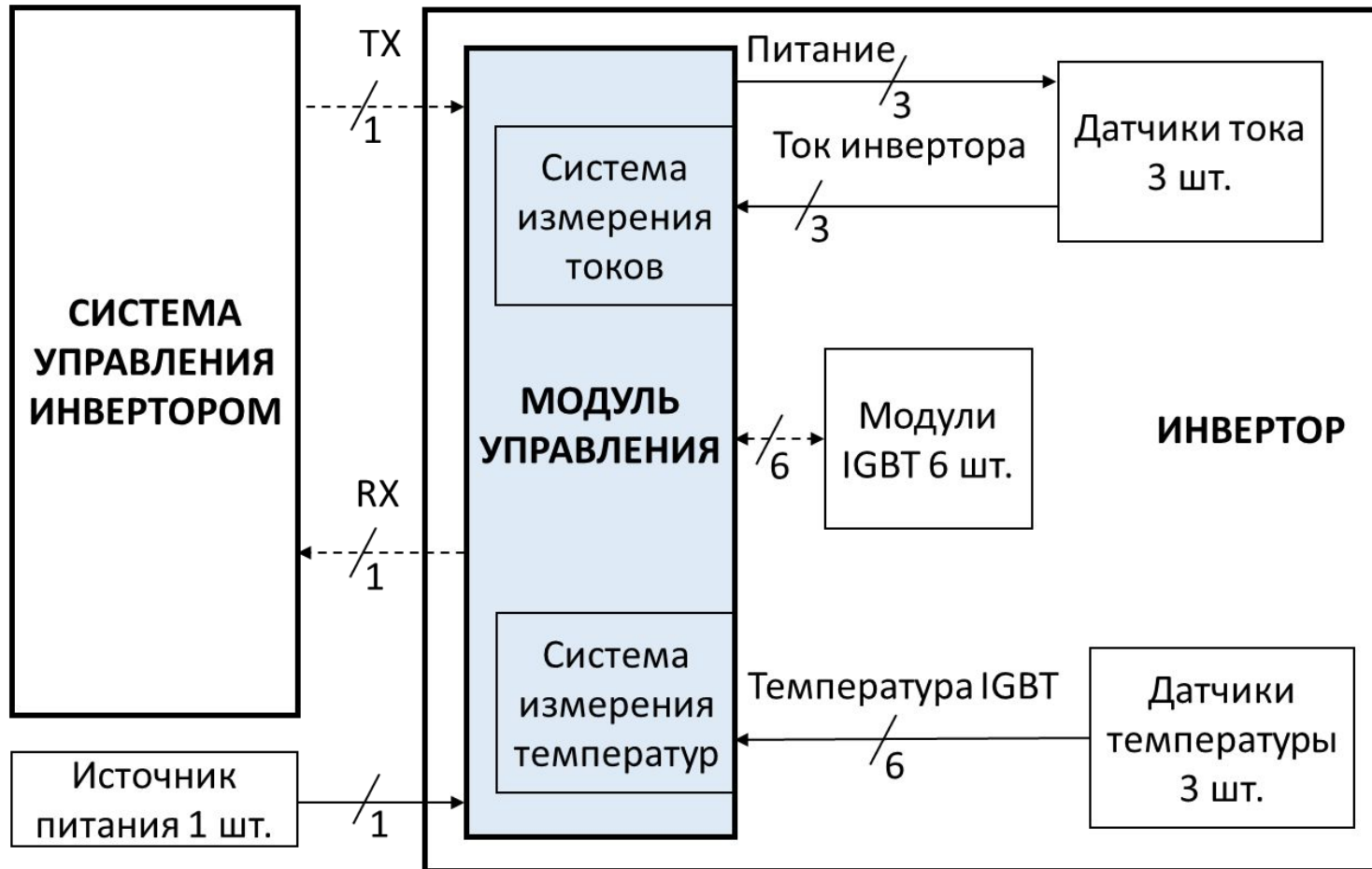


Рисунок 17 – Оптимизированная топология подсистемы управления инвертором

# 3. ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

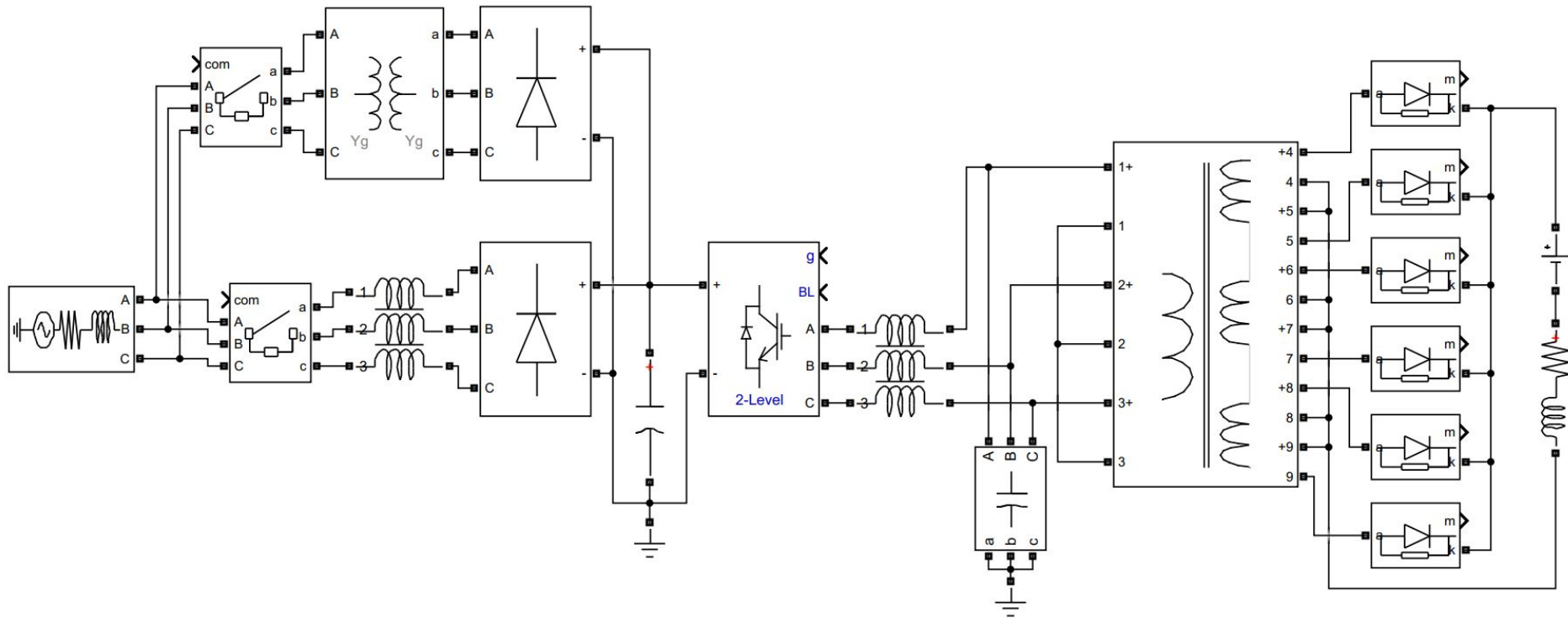


Рисунок 18 – Модель силового преобразователя



# 4. ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ МИКРОКЛИМАТА И ОСВЕЩЕНИЯ СИЛОВЫХ ШКАФОВ

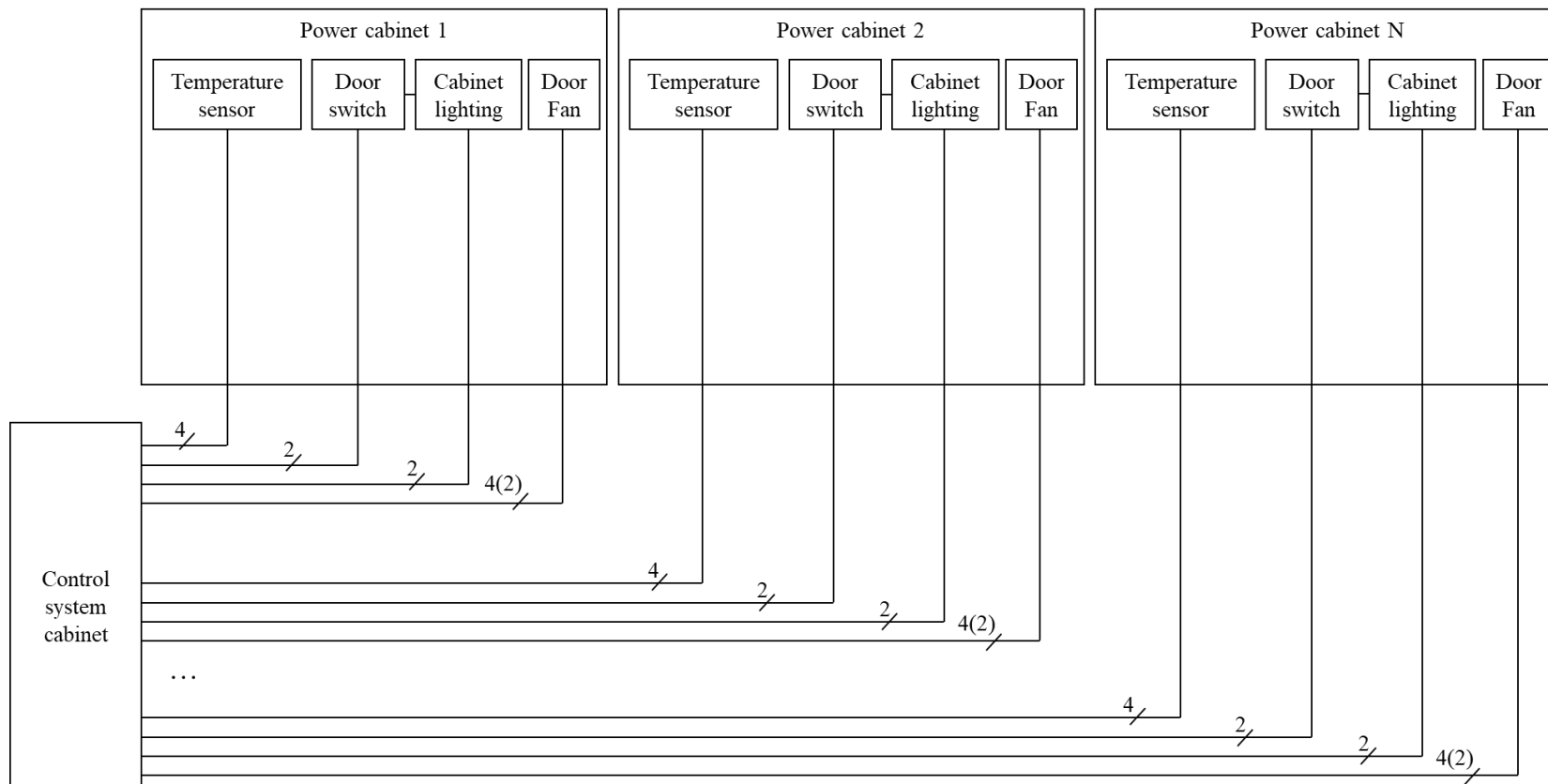


Рисунок 19 – Функциональная схема классической подсистемы микроклимата и освещения силовых шкафов

# 4. ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ МИКРОКЛИМАТА И ОСВЕЩЕНИЯ СИЛОВЫХ ШКАФОВ

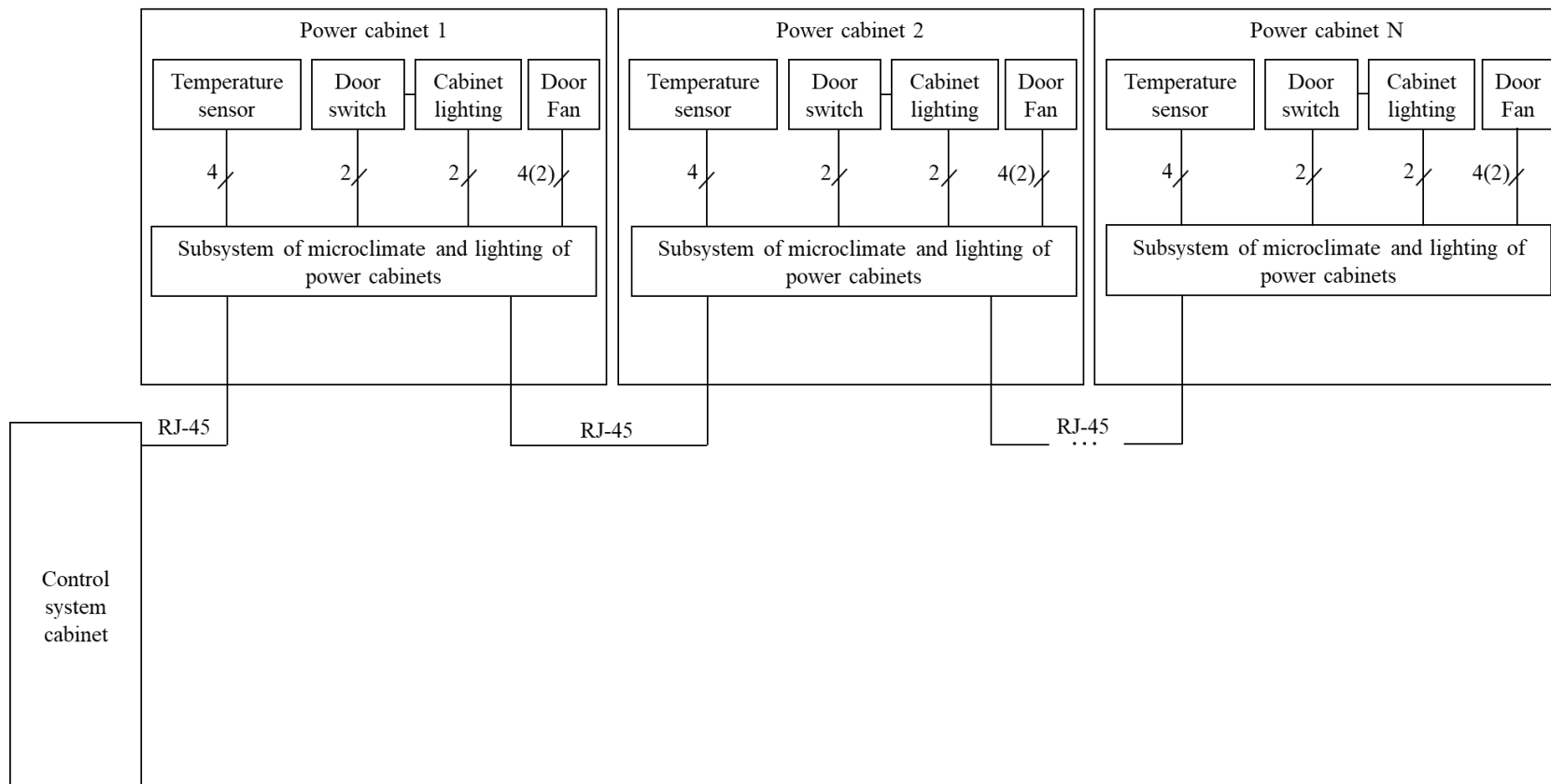


Рисунок 19 – Функциональная схема оптимизированной подсистемы микроклимата и освещения силовых шкафов

---

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

---

# НАУЧНЫЕ ТРУДЫ

---

## ПУБЛИКАЦИИ:

- **Automation of the design and development stages of semiconductor devices**, IOP Conference Series Materials Science and Engineering 450(7):072002, [DOI:10.1088/1757-899X/450/7/072002](https://doi.org/10.1088/1757-899X/450/7/072002);
- **Adaptive power supplies for technological objects with non-stationary loads**, 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), [DOI: 10.1109/FarEastCon.2018.8602900](https://doi.org/10.1109/FarEastCon.2018.8602900);
- **Designing control nodes for mechatronic modules by the criterion of minimal losses**, 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), [DOI: 10.1109/FarEastCon.2018.8602584](https://doi.org/10.1109/FarEastCon.2018.8602584).

## КОНФЕРЕНЦИИ:

- **Оптимизация полупроводниковых преобразователей частоты по массогабаритным показателям**, IEEE Russian Workshop on Power Engineering and Automation of Metallurgy Industry: Research & Practice.
- **Разработка встраиваемого модуля управления силовым инвертором**, финал конкурса программы УМНИК.