

УДК 621.331

**А.А. ЧЕПИГА, аспирант (НИУ «МЭИ»)
г. Москва**

**БАЛАНСИРОВКА НАПРЯЖЕНИЙ КОНДЕНСАТОРОВ 3–
УРОВНЕВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СРЕДСТВАМИ ШИМ
МЕТОДОМ МГНОВЕННЫХ ФАЗНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ**

В последнее время 3-уровневые преобразователи все чаще используются в источниках бесперебойного питания и электростанциях на возобновляемых источниках энергии благодаря высоким требованиям к эффективности и качеству выходного сигнала этих устройств [1].

Основным преимуществом 3-уровневой схемы с фиксированной нейтралью (3L-NPC) является низкий коэффициент гармоник выходного тока, что позволяет значительно упростить выходной фильтр или полностью отказаться от него. Транзисторы и диоды преобразователя 3-L работают при половинном напряжении звена постоянного тока, поэтому он может быть построен на переключателях меньшего класса напряжения (например, 600 В вместо 1200 В), характеризующихся низким уровнем потерь и более высокой плотностью тока. Благодаря этому использование топологии 3L-NPC позволяет значительно повысить эффективность преобразования на высоких частотах [2].

Снижение уровня гармонических искажений достигается за счет увеличения частоты переключения f_{sw} , что в свою очередь приводит к увеличению динамических потерь [3]. Многоуровневая схема позволяет решить эту проблему при относительно низком значении f_{sw} и, кроме того, снизить требования к синусоидальному фильтру, размеры и стоимость которого вносят значительный вклад в производительность всего изделия. Еще одним преимуществом 3L-топологии является низкий уровень излучаемых электромагнитных помех, что особенно важно для таких приложений как источники бесперебойного питания.

Для данной топологии преобразователей возможны следующие реализации схемы: с подключением к нейтральной точке через диоды и с Т-образным мостом. Разница между двумя конструкциями заключается в том, что в модуле с Т-образным мостом линия питания 0 В подключена к выходу модуля транзисторами. Это обеспечивает большую гибкость при реализации ШИМ, а возможность одновременного замыкания всех ключей, соединяющих линии питания с нагрузкой, может использоваться при аварийном отключении [4].

Преимущества этой топологии заинтересовали исследователей, и они начали активно использовать ее в качестве двунаправленного преобразователя для системы стартер-генератор, как показано на рис. 1.

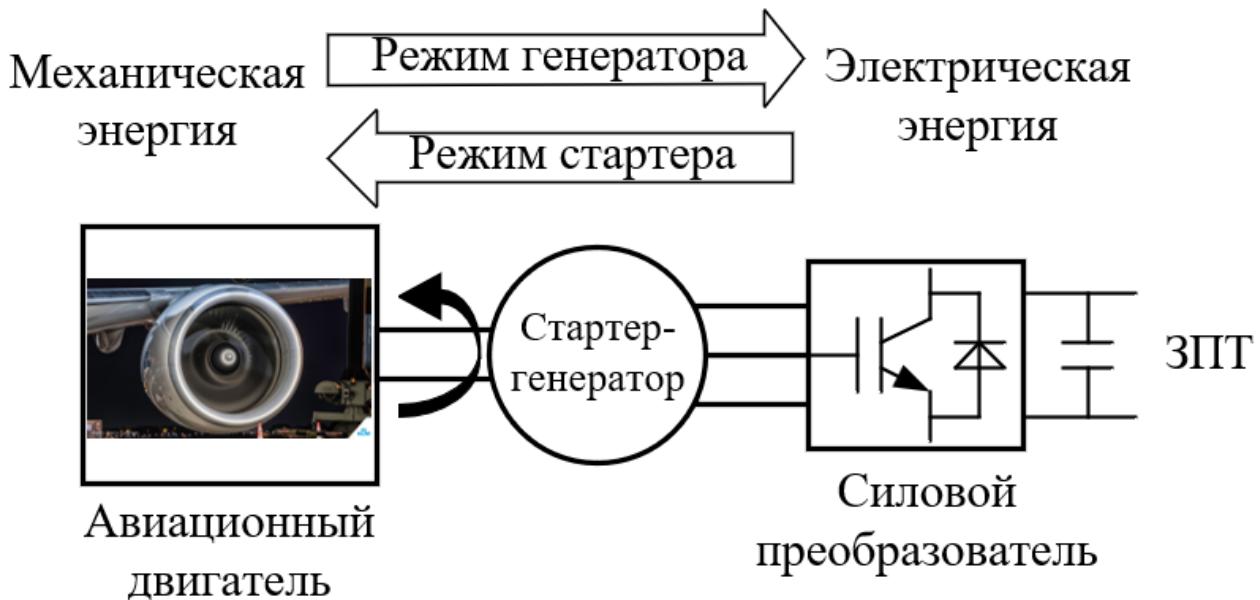


Рис. 1 – Схема системы стартер–генератор

Система стартер–генератор состоит из синхронного двигателя с постоянными магнитами (СДПМ) и двунаправленного преобразователя, как показано на рис. 2. СДПМ подключена к валу авиационного двигателя, а преобразователь передает энергию между электрической машиной и звеном постоянного тока (ЗПТ).

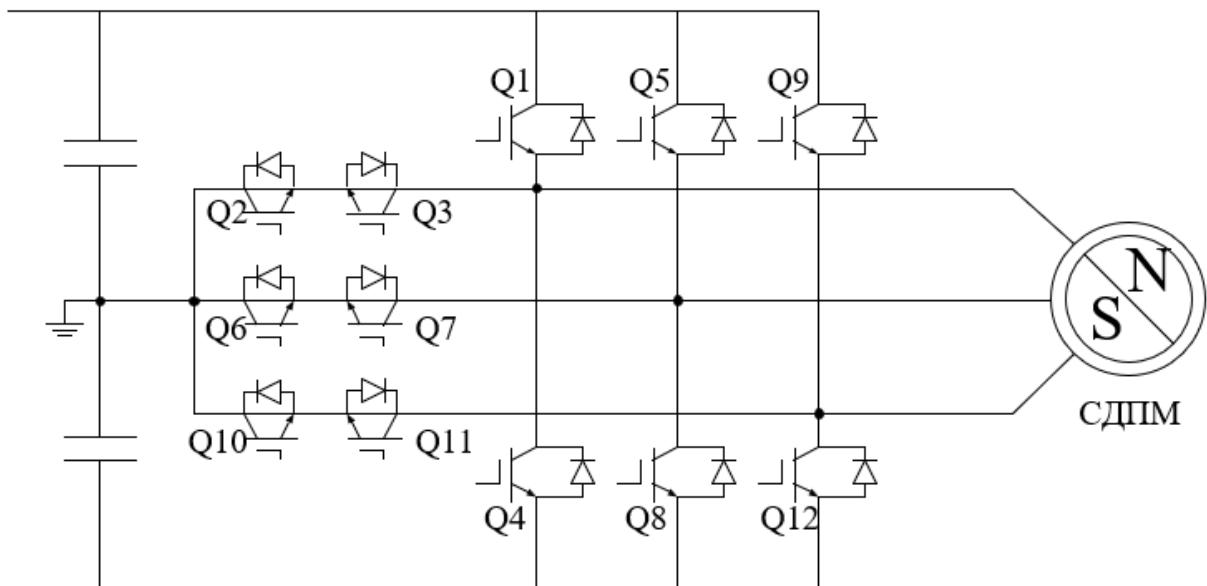


Рис. 2 – Схема двунаправленного преобразователя на основе 3L-NPC

В данной работе рассматриваются как проблемы управления преобразователем 3L-NPC в режиме выпрямителя, так и проблемы баланса напряжения на конденсаторах постоянного тока. Для решения было предложено применить классическую векторную систему управления для двух основных режимов работы (активный выпрямитель и венский выпрямитель), а также ШИМ с компенсацией дисбаланса напряжения звена постоянного тока. С помощью разработанной универсальной системы управления этим преобразователем был проведен анализ потерь мощности, что позволяет выбрать оптимальный режим работы.

Список литературы

1. D. H. Do and A. Anuchin, "An Improved SVPWM Strategy for Three-Level Neutral Point Clamped Converter Capacitor Voltage Balancing," 2020 27th International Workshop on Electric Drives: MPEI Department of Electric Drives 90th Anniversary (IWED), 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/IWED48848.2020.9069550.
2. Y. Kazemirova, A. Anuchin, D. Shpak and Y. Safonov, "Analytical Solution to Voltage Balance Control in a 3-Level Neutral-Point-Clamped Inverter," 2018 IEEE 59th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/RTUCON.2018.8659856.
3. A. Anuchin, D. Shpak, M. Gulyaeva, D. Aliamkin, A. Zharkov and Y. Vagapov, "A PWM Strategy for the Minimisation of Losses in a 3-level T-type Voltage Source Inverter," 2018 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM), 2018, pp. 703-708, doi: 10.1109/SPEEDAM.2018.8445367.
4. C. Li et al., "A Modified Neutral Point Balancing Space Vector Modulation for Three-Level Neutral Point Clamped Converters in High-Speed Drives," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 66, no. 2, pp. 910-921, Feb. 2019, doi: 10.1109/TIE.2018.2835372.

Информация об авторах: Чепига Андрей Александрович, аспирант, НИУ «МЭИ», 111116, г. Москва, ул. Энергетическая, д. 6, andreychepiga@yandex.ua