

PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP KINERJA TRANSFORMATOR 3 FASA DI LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO

ABSTRAK

Transformator tiga fasa merupakan salah satu peralatan utama dalam sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan energi listrik secara andal dan efisien. Dalam kondisi operasional nyata, transformator sering bekerja pada kondisi pembebanan tidak seimbang akibat distribusi beban antar fasa yang tidak merata. Ketidakseimbangan beban tersebut dapat memengaruhi kinerja transformator, meningkatkan rugi-rugi daya, serta menurunkan efisiensi dan kualitas kerja transformator. Oleh karena itu, diperlukan suatu kajian eksperimental untuk menganalisis pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap kinerja dan efisiensi transformator tiga fasa pada skala laboratorium. Rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi analisis pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap kinerja transformator tiga fasa serta pengaruhnya terhadap efisiensi transformator pada kondisi pembebanan seimbang dan tidak seimbang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, faktor daya, arus netral, temperatur, regulasi tegangan, dan rugi-rugi daya serta hubungannya terhadap efisiensi transformator pada variasi beban dominan resistif, dominan kapasitif, dan dominan induktif. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dan analisis numerik, Data hasil pengukuran kemudian dianalisis menggunakan metode numerik melalui perhitungan parameter performa transformator yang meliputi arus netral, persentase ketidakseimbangan tegangan, regulasi tegangan, rugi-rugi daya, dan efisiensi transformator pada berbagai kondisi pembebanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketidakseimbangan beban menyebabkan munculnya arus netral, peningkatan rugi-rugi daya, kenaikan temperatur, serta penurunan performa transformator dibandingkan kondisi beban seimbang. Nilai arus netral tertinggi yang diperoleh sebesar 0,07 A pada kondisi pembebanan tidak seimbang, sedangkan efisiensi transformator tertinggi mencapai 98% pada kondisi pembebanan seimbang dominan resistif. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa besarnya arus netral dipengaruhi oleh tingkat ketidakseimbangan arus antar fasa pada variasi beban resistif, kapasitif, dan induktif. Dengan demikian, keseimbangan pembebanan antar fasa sangat berpengaruh terhadap efisiensi dan kinerja transformator tiga fasa secara keseluruhan.

Kata Kunci: Transformator tiga fasa, ketidakseimbangan beban, efisiensi transformator, arus netral, sistem tenaga listrik.

THE EFFECT OF LOAD UNBALANCE ON THE PERFORMANCE OF 3-PHASE TRANSFORMER IN THE ELECTRICAL ENGINEERING LABORATORY

ABSTRACT

Three-phase transformers are one of the main equipment in an electric power system that functions to transmit and distribute electrical energy reliably and efficiently. In real operational conditions, transformers often work under unbalanced loading conditions due to uneven load distribution between phases. This load imbalance can affect transformer performance, increase power losses, and reduce the efficiency and quality of transformer work. Therefore, an experimental study is needed to analyze the effect of load imbalance on the performance and efficiency of three-phase transformers on a laboratory scale. The problem formulation in this study includes an analysis of the effect of load imbalance on the performance of three-phase transformers and its effect on transformer efficiency under balanced and unbalanced loading conditions. This study aims to determine changes in electrical parameters such as voltage, current, power factor, neutral current, temperature, voltage regulation, and power losses and their relationship to transformer efficiency under variations in resistive dominant, capacitive dominant, and inductive dominant loads. The research method used is the experimental method and numerical analysis. The measurement data are then analyzed using numerical methods through the calculation of transformer performance parameters including neutral current, percentage of voltage unbalance, voltage regulation, power losses, and transformer efficiency under various loading conditions. The results show that load unbalance causes the emergence of neutral current, increased power losses, increased temperature, and decreased transformer performance compared to balanced load conditions. The highest neutral current value obtained is 0.07 A under unbalanced loading conditions, while the highest transformer efficiency reaches 98% under resistive dominant balanced loading conditions. The test results also show that the magnitude of the neutral current is influenced by the level of current unbalance between phases in variations of resistive, capacitive, and inductive loads. Thus, the balance of loading between phases greatly affects the efficiency and performance of three-phase transformers as a whole.

Keywords: *Three-phase transformer, load imbalance, transformer efficiency, neutral current, electric power system*